



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
DEL PERÚ

Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Mecánica

Programa Especial de Titulación

“Diseño de un Sistema de Aire Comprimido y Extracción de Gases para un Nuevo Taller de Mantenimiento de Camiones en el SENATI”

Autor: Uribe Salomón Quintana Muñoz

Para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Asesor: Ing. Guillermo Alejandro Rengifo Abanto

Lima – mayo 2017

DEDICATORIA

El presente informe va dedicado a Dios y a mis padres:

Nivardo Quintana Chavarría y Margarita Muñoz Córman por su apoyo, por brindarme una buena educación, y por hacerme capaz de enfrentar las situaciones de la vida. A mi esposa Alicia Romero Medina por alentarme y apoyarme en la realización de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios, por brindarme su bendición y siempre estar a mi lado. Agradezco a mis padres y a mi esposa Alicia Romero Medina.

Agradezco finalmente a CHUMBIAUCA CALAGUA INGENIEROS CONSULTORES S.A.C. que me dio la oportunidad de desarrollarme como profesional.

Agradezco a mi asesor por su guía, ya que sin su ayuda no hubiese culminado con éxito el presente informa.

Gracias a todos.

RESUMEN

El presente informe de Suficiencia Profesional se titula “Diseño de un Sistema de Aire Comprimido y Extracción de Gases Para un Nuevo Taller de Mantenimiento de Camiones en EL SENATI”.

El trabajo consiste en diseñar un sistema de aire comprimido y extracción de gases. Se muestra la necesidad que tiene el nuevo taller de mantenimiento de camiones, lo cual incluye la generación de aire comprimido, su adecuada distribución y utilización y la extracción de gases de los camiones Mercedes-Benz.

Para lograr generar el aire comprimido se requiere de un compresor, el cual debe proveer este aire eficaz y eficientemente; así también, para la distribución del aire a todos los puntos del taller que lo necesiten, se requiere de una instalación bien diseñada. Luego para lograr capturar los gases de los camiones Mercedes-Benz, se requiere de un equipo llamado ventilador centrífugo, el cual tendrá la función de aspirar el monóxido de carbono CO, que se descargará a la atmosfera mediante una chimenea que estará sobre el nivel del techo del taller. Así proporcionará un ambiente adecuado para el nuevo taller de mantenimiento.

El primer capítulo, analiza el problema de investigación, donde se describe la situación actual del SENATI y sus deficiencias.

El segundo capítulo, muestra las bases teóricas y la estructura que se utilizará para implementar el sistema de aire comprimido y extracción de gases.

El tercer capítulo, define el marco metodológico, las variables, el tipo de estudio, el diseño y método de investigación usado en el proyecto.

El cuarto capítulo, describe alternativas de solución para el problema y los resultados utilizados para la elaboración del proyecto.

El quinto capítulo, muestra el análisis y resultados obtenidos a través de la implementación del sistema de aire comprimido y extracción de gases. El proyecto se encuentra actualmente en desarrollo.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
INDICE	vi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema General	4
1.2.2. Problemas Específicos	4
1.3. Justificación e importancia del proyecto	5
1.4. Limitaciones	5
1.5. Antecedentes de la investigación	6
1.5.1. Antecedentes nacionales	6
1.5.2. Antecedentes internacionales	7
1.6. Objetivos	8
1.6.1. Objetivo General	8
1.6.2. Objetivos Específicos	8
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	9
2.1. Teoría básica de los compresores de aire	9
2.1.1. Características de aire comprimido	14
2.1.2. Ventajas del aire comprimido	16
2.2. Emisiones vehiculares	17
2.2.1. Contaminación del aire	21
2.2.2. Efectos por exposición al monóxido de carbono	21
2.2.3. Efectos sobre el medio ambiente	22
2.3. Sistemas de ventilación	22
2.3.1. Según el medio de distribución	23
2.3.2. Según la fuente de contaminación	23
2.3.3. Según los equipos de distribución	26

2.3.4.	Control por nivel de monóxido de carbono	27
2.4.	Ventiladores	29
2.4.1.	Tipos de ventiladores	29
2.4.2.	Leyes de los ventiladores	31
2.4.3.	Selección de ventiladores	32
2.4.4.	Métodos de cálculo para el sistema de aire comprimido	34
2.4.5.	Métodos de cálculo para el sistema de extracción de gases	38
2.5.	Definición de Términos	41
CAPÍTULO 3 MARCO METODOLÓGICO		43
3.1.	Variables	43
3.1.1.	Definición Conceptual de las variables	44
3.2.	Metodología	45
3.2.1.	Tipos de Estudio	45
3.2.2.	Diseño de Investigación	46
3.2.3.	Método de Investigación	46
CAPÍTULO 4 METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA		47
4.1.	Memoria descriptiva de aire comprimido y extracción de gases	47
4.2.	Análisis situacional	53
4.2.1.	Evaluación de la instalación actual en la sala de compresor	53
4.2.2.	Estado del compresor actual	54
4.2.3.	Estado de la red de distribución actual	55
4.2.4.	Consumo de aire del equipo y herramientas del taller de mantenimiento	56
4.3.	Memoria de cálculo aire comprimido seco	56
4.4.	Solución del problema	61
4.4.1.	Selección del compresor	61
4.4.2.	Dimensionamiento del tanque receptor	65
4.4.3.	Dimensionamiento del secador de aire	66
4.4.4.	Selección de los filtros de separación de partículas y aceite	68
4.4.5.	Dimensionamiento de la línea de distribución	69
4.5.	Memoria de cálculo extracción de gases	73
4.5.1.	Bases del Cálculo extracción de gases	73
4.5.2.	Calculo de potencia del motor	75
4.5.3.	Datos del ventilador	75
4.6.	Alternativas de solución	76
4.6.1.	Modificaciones de la red de aire comprimido en la sala de compresor	79

4.6.2.Diseño de un sistema de extracción de gases	83
4.7. Recursos requeridos	84
4.7.1. Plan de implementación	84
4.7.2. Descripción del equipamiento	84
4.7.3. Plan de calidad	87
4.7.4. Plan de seguridad	91
4.7.5. Puesta en marcha	94
4.8. Análisis económico	110
4.8.1.Análisis de costos por materiales	110
4.8.2.Análisis de costos por construcción	110
4.8.3. Análisis de costos	111
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	118
5.1. Análisis de los resultados obtenidos.	118
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
Bibliográficas	122
Webgrafía	123
ANEXOS	124

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas EL SENATI.	2
Figura 2. El martillo neumático, herramienta más utilizada hace un siglo.	10
Figura 3. Ejemplo de esquema de una red de tuberías circulares.	13
Figura 4. Partes de una red de aire comprimido.	13
Figura 5. Emisiones Vehiculares (tubo de escape y evaporativas).	19
Figura 6. Ventilación general o ambiental.	24
Figura 7. Ventilación exhaustiva localizada.	25
Figura 8. Ventilación por sobrepresión.	26
Figura 9. Ventilación por depresión.	27
Figura 10. Ahorro de energía y nivel máximo de CO obtenido por sistemas de ventilación controlado por el nivel de CO.	28
Figura 11. Perfiles de movimiento de tres vehículos analizados.	29
Figura 12. Ventilador axial.	30
Figura 13. Ventilador centrífugo.	31
Figura 14. Curvas características de ventiladores.	33
Figura 15. Calidad de aire según ISO 8573 -1:2010 clase 1,4,2.	37
Figura 16. Caída de presión en tuberías.	38
Figura 17. Taller de mantenimiento de camiones.	48
Figura 18. Sala de compresor actual.	55
Figura 19. Instalaciones típicas conforme ISO 8573.	58
Figura 20. Compresor de pistón de dos etapas.	63
Figura 21. Flujo en un compresor de tornillo de 2 etapas.	64
Figura 22. Compresor de tornillo Ingersoll Rand.	65
Figura 23. Tanque receptor Ingersoll Rand.	66
Figura 24. Secador por refrigeración Ingersoll Rand.	68
Figura 25. Filtros de separación de partículas y aceite Ingersoll Rand.	69
Figura 26. Esquema básico de equipamiento.	69
Figura 27. Diagrama coeficiente de pérdidas en tuberías.	76
Figura 28. Selección de compresor.	77
Figura 29. Esquema de un compresor de pistón con dos cilindros.	77
Figura 30. Esquema inferior de un conjunto rotor.	78
Figura 31. Esquema de un compresor rotativo de paletas.	79
Figura 32. Derivaciones de aire adecuadas.	82
Figura 33. Diseño de un extractor de gases de escape de motor.	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Árbol de problema EL SENATI.</i>	3
Tabla 2. <i>Indicadores de variable.</i>	43
Tabla 3. <i>Cargas taller de mantenimiento periódico.</i>	50
Tabla 4. <i>Cargas de Tablero de Compresor.</i>	50
Tabla 5. <i>Demanda de aire seco requerida para dimensionamiento del compresor.</i>	60
Tabla 6. <i>Demanda teórica total de aire.</i>	61
Tabla 7. <i>Cuadro comparativo de compresores de tornillo versus de pistón.</i>	64
Tabla 8. <i>Parámetros de diseño.</i>	70
Tabla 9. <i>Caída de presión en línea de distribución y accesorios.</i>	70
Tabla 10. <i>Caída de presión en componentes.</i>	71
Tabla 11. <i>Longitudes equivalentes de accesorios según Atlas Copco.</i>	72
Tabla 12. <i>Caída de presión típica en componentes según Atlas Copco.</i>	73
Tabla 13. <i>Rugosidad en ductos.</i>	75
Tabla 14. <i>Descripción de clasificación.</i>	97
Tabla 15. <i>Simbología de línea y servicio.</i>	97
Tabla 16. <i>Clasificación de la línea y servicio.</i>	98
Tabla 17. <i>Compresor de tornillo especificaciones técnicas del fabricante Ingersoll Rand.</i>	100
Tabla 18. <i>Compresor de tornillo especificaciones técnicas del fabricante Sullair.</i>	101
Tabla 19. <i>Ventilador de tiro especificaciones técnicas del fabricante Airvent.</i>	102
Tabla 20. <i>Costos estimados del sistema de aire comprimido y extracción de gases. ...</i>	113
Tabla 21. <i>Activo fijo.</i>	114
Tabla 22. <i>Costos variables.</i>	115
Tabla 23. <i>Costos fijos.</i>	116
Tabla 24. <i>Costos totales del proyecto.</i>	116
Tabla 25. <i>Presupuesto total del proyecto.</i>	117

NOMENCLATURA

Presión Máxima	kPa	Máxima presión de trabajo del compresor.
Presión de trabajo	kPa	Presión de trabajo del compresor.
Presión Actual	kPa	Presión mínima de diseño requerido del equipo.
Caudal (FAD)	m ³ /min	Caudal en condiciones de aspiración del compresor.
Capacidad total instalada	m ³ /min	(FAD) Capacidad total instalada sin stand by.
Aire comprimido húmedo	m ³ /min	(FAD) Aire no seco directo del compresor.
Aire comprimido seco	m ³ /min	(FAD) Aire seco con punto de rocío.
Aire comprimido seco lubricado	m ³ /min	(FAD) Aire seco lubricado punto de rocío.
Aire de emergencia	m ³ /min	(FAD) Aire comprimido seco requerido en caso de falla del compresor.
Aire comprimido para aplicación especial	m ³ /min	(FAD) Aire para consumidores no conectados a la línea, requiere compresor separado.
Filtro con drenaje	Si	Filtro con drenaje suministrado con el equipo.
Filtro con drenaje	No	Filtro con drenaje no se requiere.
Regulador de presión	Si	Regulador de presión suministrado con el equipo.
Regulador de presión	No	Regulador de presión no requerido.
Válvula de alivio	Si	Válvula de alivio suministro con el equipo.
Válvula de alivio	No	Válvula de alivio no requerido.
Caudal de servicio	m ³ /min	Caudal de aire requerido en sitio para los equipos.
Presión de servicio	mBar	Presión de aire requerido en sitio para el equipo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas e instituciones que logran ser competentes y subsistir en el mercado, tienen que ocuparse por ser cada vez más productivas, es decir que se debe tratar de producir más con menos insumos. Para esto, es necesario realizar mejoras en los procesos productivos, siempre evaluando la factibilidad y rentabilidad de dichos proyectos.

DIVEMOTOR y SENATI firmaron un convenio, que les permitirá implementar un centro de especialización, en vehículos comerciales, para técnicos egresados.

El Centro de Especialización DIVEMOTOR permitirá atender la futura demanda de egresados calificados, orientados al mercado de vehículos para la minería y la construcción. El centro contará con equipos, maquinaria y tecnología de los vehículos Mercedes-Benz que distribuye DIVEMOTOR. Mientras que EL SENATI proporcionará las aulas, herramientas básicas, almacenes y talleres, para el desarrollo de los programas de capacitación.

Para el nuevo taller de mantenimiento se pretende entonces diseñar un sistema de aire comprimido y un sistema de extracción de gases, facilitando y agilizando así los procesos, que a su vez aumentan la eficiencia del taller.

Para ejecutar el diseño del sistema de aire, es indispensable conocer el planteamiento problemático del SENATI, indicados en el capítulo 1; se deben tener claros los conceptos

relacionados con el aire comprimido y extracción de gases, que se incluyen en el marco teórico, capítulo 2; el análisis situacional de El SENATI se indica en el capítulo 4, el diseño del sistema de aire y extracción de gases se desarrolla en el capítulo 4 y el análisis de costos, que determinan si el proyecto es rentable, se incluye en el capítulo 4 y 5.

El diseño de este sistema trae consigo modificaciones a la red de distribución de aire comprimido, ya que actualmente la instalación cuenta con deficiencias que la hacen inadecuada, tanto para el nuevo sistema de aire que se piensa instalar, como para el uso de cualquier equipo neumático. Con esto lógicamente se aumentará la demanda de aire comprimido, por lo que se tendrá que reemplazar el compresor existente, seleccionando uno adecuado que satisfaga la demanda actual, previendo siempre futuras ampliaciones.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A continuación se comenzará describiendo el planteamiento del problema de la situación actual de la sala de compresor y la nueva línea de captura de gases de los motores de buses y camiones que implementará DIVEMOTOR junto a SENATI. La sala de compresor no cuenta con un secador de aire y el compresor existente no será suficiente para el suministro de aire comprimido para el nuevo taller de mantenimiento, por ello cabe recalcar que se adicionará un nuevo compresor que abastecerá tanto a las redes existentes de los talleres como al nuevo taller de mantenimiento. Segundo punto problemático es la emisión de monóxido de carbono debido a la combustión de los motores de los buses y camiones. Los gases tóxicos de los camiones y buses son muy dañinos para los estudiantes que realizan prácticas en el taller, esto provoca sentido de pérdida del olfato, enfermedad en los pulmones, y un grave cáncer. Con esta investigación se sugiere la instalación de un ventilador centrífugo que pueda extraer todos los gases del tubo de escape que emiten los motores de los camiones y buses dentro del nuevo taller de mantenimiento.

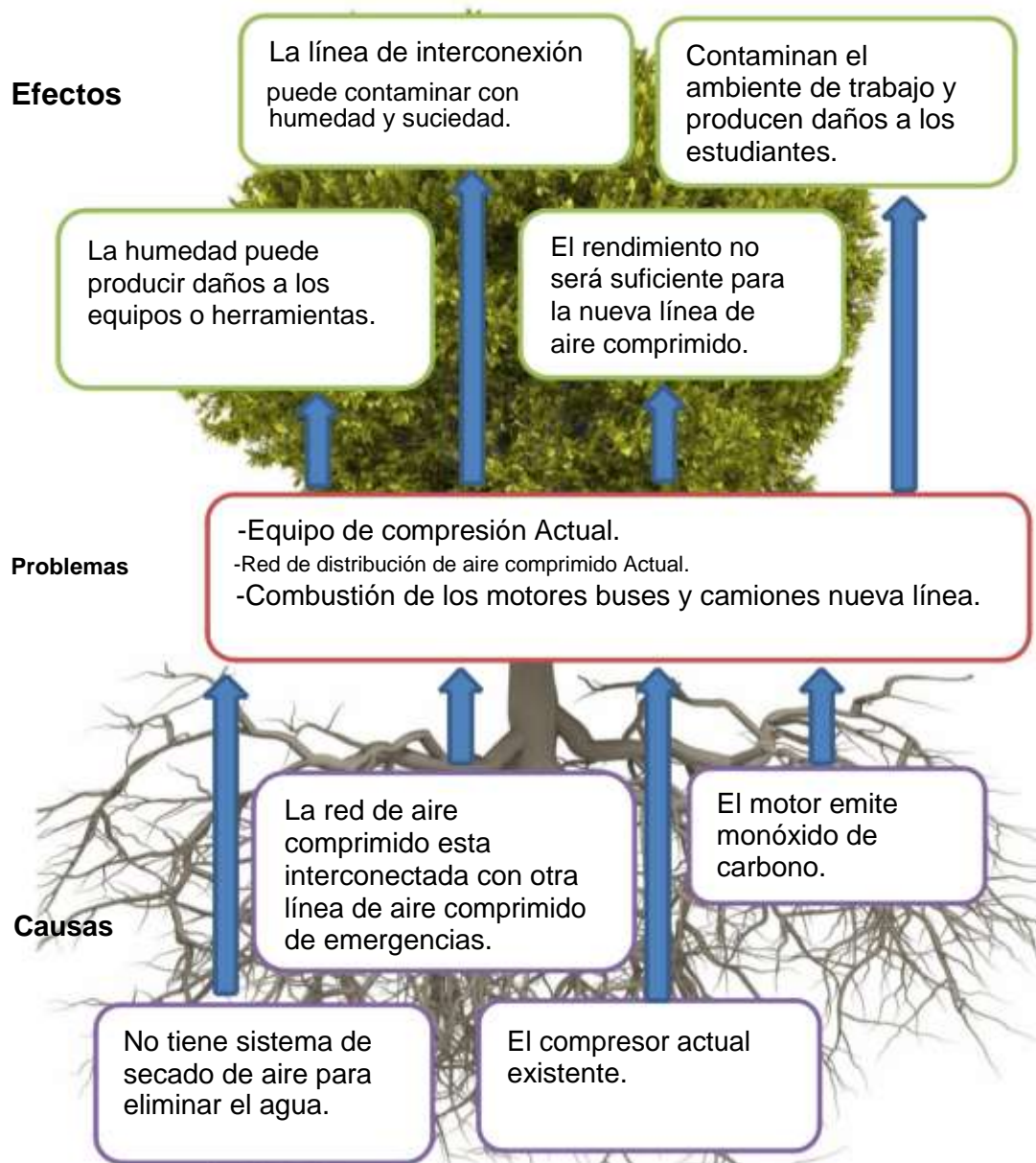


Figura 1. Árbol de problemas EL SENATI.

Fuente: Propia, 2017

EL SENATI: cuenta con estudiantes altamente calificados para realizar prácticas en laboratorios, los cuales se distribuyen en diferentes áreas el cual busca que los alumnos consoliden su conocimiento sobre las características de Mecánica Automotriz, Mecatrónica de Buses y Camiones, Mecánico de mantenimiento Electricidad y Electrónica, etc. Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a exponer el problema aplicando la metodología del árbol de problemas.

Tabla 1.

Árbol de problema EL SENATI.

Causas	Efectos
<ul style="list-style-type: none">• No tiene sistema de secado de aire para eliminar el agua.• La red de aire comprimido esta interconectada con otra línea de aire comprimido de emergencias.• El compresor actual existente• El motor emite monóxido de carbono.	<ul style="list-style-type: none">• La humedad puede producir daños a los equipos o herramientas.• La línea de interconexión puede contaminar con humedad y suciedad.• El rendimiento no será suficiente para la nueva línea de aire comprimido.• Contaminan el ambiente de trabajo y producen daños a los estudiantes.

Fuente: Propia, 2017

En la figura 1. Árbol de problemas EL SENATI.

Se identifica el problema, sus causas y efectos. Las causas son diversas, entre las más destacadas que se pueden nombrar están:

La primera causa es que el compresor no cuenta con un sistema de secado de aire, esto provoca daños a los equipos y herramientas.

La segunda causa es que la red de aire comprimido esta interconectada con otra línea de aire comprimido de emergencia, eso puede provocar humedad y suciedad.

La tercera causa es que el compresor actual es de pistón de dos etapas, este puede ser un problema porque el rendimiento no será suficiente para la nueva red de aire comprimido.

Por último se diseñará la nueva línea de motores de buses y camiones que emiten monóxido de carbono, esto provoca contaminación en el nuevo taller de mantenimiento y puede producir daños a las personas.

1.2. Formulación del problema

Después de describir el contexto EL SENATI, identificar, las causas y los efectos, el diagnóstico del problema se reconoce: proponer un diseño de un sistema de aire comprimido y de un sistema de extracción de gases de la combustión de los motores Mercedes-Benz, que cumpla satisfactoriamente los requerimientos del nuevo taller de mantenimiento de camiones.

1.2.1. Problema General

- ¿En qué medida el diseño de un sistema de aire comprimido y extracción de gases influye para un nuevo taller de mantenimiento de camiones en EL SENATI?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿En qué medida los beneficios del diseño de un sistema de aire comprimido y extracción de gases influyen para un nuevo taller de mantenimiento de camiones en EL SENATI?
- ¿En qué medida la infraestructura tecnológica que requiere el diseño de un sistema de aire comprimido y extracción de gases influye para un nuevo taller de mantenimiento de camiones en EL SENATI?
- ¿En qué medida la Integración que proporciona el diseño de un sistema de aire comprimido y extracción de gases influye para un nuevo taller de mantenimiento de camiones en EL SENATI?

1.3. Justificación e importancia del proyecto

La realización de este informe se realiza primeramente por la inexistencia de un sistema de secado de aire que no cuenta la sala de compresor actual. El nuevo taller de mantenimiento requiere de un nuevo equipo de compresión con su secador de aire. Debido a la gran cantidad de equipos neumáticos con que cuenta dicho taller, y los requerimientos, para el nuevo sistema de aire comprimido con sus respectivos componentes. Para así tener condiciones de operación y cumplan en todo los requerimientos de consumo y presión para que la distribución hacia los equipos que lo utilizan se mantengan de acuerdo a las necesidades que lo exijan. Para la extracción de gases de monóxido de carbono que emiten la combustión de los motores de los buses y camiones se solucionara por medio de la aspiración de estos gases a través de una manguera flexible y que a su vez se expulsaran por ductos hacia la parte superior del techo. Esto es para beneficio del aprendizaje de los estudiantes, la utilización de las herramientas neumáticas y tener un ambiente de trabajo sin contaminación.

1.4. Limitaciones

La sala de compresor no cuenta con un secador de aire, es por ello que surge la necesidad de la instalación de un sistema de secado a la salida del equipo de compresión con la finalidad de eliminar esa humedad presente en el aire pues es importante para obviar los problemas y alteraciones debido a la aceleración de aguas en tuberías y en los equipos neumáticos conectados.

1.5. Antecedentes de la investigación

1.5.1. Antecedentes nacionales

- Kutsuma, Martin (2011), en su investigación titulada: "Diseño de un sistema de climatización en aula CAD-CAE" Pontificia Universidad Católica del Perú. Concluye:

El objetivo de este trabajo es proponer un sistema de climatización de aire, con el fin de renovar las condiciones de operación en el laboratorio CAD-CAE y los espacios adyacentes (INACOM y oficina). Para esto se examinaron las condiciones previas a la instalación del sistema, seleccionándose información trascendente, como las condiciones climáticas del ambiente. Posteriormente, se establecieron las condiciones ideales, para luego especificar las condiciones deseadas en el lugar.

- Bautista, Ronald (2011), en su investigación titulada: "Diseño de sistema de emisiones de gases de combustión de biomasa bajo condiciones controladas".

Pontificia Universidad Católica del Perú. Describe:

Con el presente trabajo se pretende diseñar un sistema de captura de gases de la combustión en bajas condiciones controladas (velocidad y temperatura), con el propósito de acondicionar los gases de combustión de la quema de la leña, para la identificación y cuantificación de las emisiones según normas internacionales. Este sistema se instalara en el laboratorio de energía de la pontificia universidad católica del Perú.

1.5.2. Antecedentes internacionales

- Sánchez, Edgar (2012), en su trabajo de investigación titulada: “Diseño de un sistema de distribución de aire comprimido para una maquina envasadora de líquido en la

empresa SICARSA”. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Riobamba-Ecuador). Describe:

Con el presente trabajo se pretende diseñar una red de aire comprimido para la empresa SICARSA, que tiene como objetivo la circulación de aire comprimido eficientemente por tuberías y accesorios hacia los puntos de consumo adjuntando diferentes herramientas y equipos entre los cuales se encuentra una maquina automática envasadora de líquidos.

- Bayas, Irene (2012), en su investigación titulada: “Diseño, selección y montaje de un sistema de extracción de gases, bombeo e insonorización de una sala de pruebas de grupos generadores para la empresa RS ROTH equipos petroleros”. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Riobamba-Ecuador).

Con el presente trabajo se pretende diseñar, seleccionar y el montaje de un sistema de captación de gases, con el propósito de disminuir el impacto ambiental en lo que corresponde a contaminación sonora y la producida por los gases de combustión, como el monóxido de carbono que perjudica la salud y confort de las personas cercanos a dichas instalaciones.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Proponer un diseño de un sistema de aire comprimido y extracción de gases para un nuevo taller de mantenimiento de camiones en el SENATI.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Examinar la red actual de distribución de aire comprimido de la planta actual y proponer nuevas alternativas para garantizar un adecuado servicio de la línea de aire comprimido.
- Diseñar y seleccionar adecuadamente la capacidad del compresor, tanque receptor y secador de aire para el nuevo sistema de aire comprimido con sus respectivas redes de distribución para alimentar a los equipos neumáticos o herramientas.
- Diseñar y seleccionar adecuadamente la capacidad del ventilador de tiro requerido para un sistema de extracción de gases con sus respectivas componentes.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Teoría básica de los compresores de aire



El aire comprimido en la industria

Según Hesse (2002), Señala que el aire comprimido es, justo con la corriente eléctrica, la energía es la fuente más importante en plantas industriales, talleres y en otros sectores. Durante la Edad Antigua ya se sabía que el aire permite transportar energía, las primeras máquinas neumáticas útiles aparecieron solo en el siglo XIX.

Hace unos cien años se publicaron libros sobre “La utilización de aire comprimido en los talleres americanos” (1904) y sobre “el sistema de aire comprimido en el astillero imperial de Kiel” (1904). En esa época se construyeron numerosos tipos de martillos neumáticos, en muchos casos son embolo percutor con sistema de control propio. Diversos aparatos de carrera corta conseguían ejecutar entre 10 000 y 15 000 movimientos por minuto. Para cincelar y escoplear se utilizaban herramientas que ejecutaban hasta 2 000 movimientos por minuto. Pero la neumática industrial, tal como la conocemos hoy, solo empezó a desarrollarse después de 1950, primero en los EE.UU. y posteriormente también en Alemania.

La aceptación generalizada que disfrutaban las máquinas neumáticas se explica por varias razones:

- Posibilidad de producir aire comprimido en cualquier lugar y en cantidades ilimitadas.
 - Gran eficiencia energética, fluidez y transporte sencillo de la energía.
 - Posibilidad de almacenar el aire comprimido en depósitos que, además, pueden transportarse con facilidad.
 - El aire comprimido es incombustible y no es inflamable, no existe peligro de explosión.
 - Por su naturaleza, los componentes neumáticos están protegidos contra sobrecargas.
 - Mantenimiento y cuidados simples, diseño sencillo de proyectos.
 - Posibilidad de utilizar varios niveles de presión en función del margen admitido.
- Esas ventajas son más que convincentes. La mayoría de las empresas industriales

disponen actualmente de una red de aire comprimido para utilizar numerosas máquinas y diversos actuadores. El actuador más difundido es el cilindro neumático, empleado para ejecutar movimientos. Pero para que el aire contenga energía, primero hay que transferir energía. Para ello se utilizan compresores. Hay muchos tipos de compresores: helicoidales, de membrana, rotativos, tipo Roots, de espiral, de turbo compresión, lubricados o secos, con inyección de agua con refrigeración de aire o agua, etc.

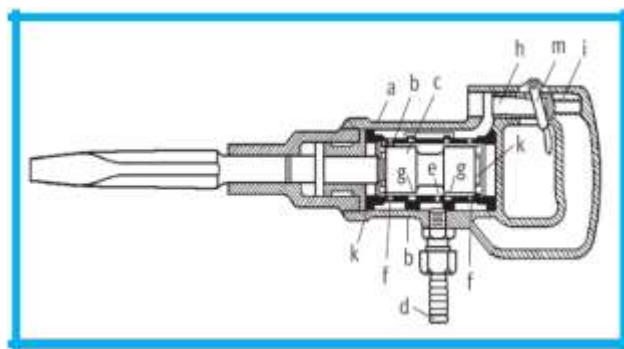


Figura 2. El martillo neumático, herramienta más utilizada hace un siglo.

Fuente: HESSE, (2002)



Fundamentos físicos

Según Hesse (2002), Señala que el aire comprimido es el aire de la atmosfera que está sometido a presión, compuesto en un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y en un 1% de otros gases (especialmente argón). La presión del aire atmosférico depende de la altura geográfica. Como magnitudes de referencia para la presión y la temperatura del aire suelen utilizarse las siguientes:

$$p_0 = 1,013 \text{ bar} \quad y \quad t_0 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{o} \quad P_0 = 1,013 \text{ bar} \quad y \quad t_0 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



Flujo

Según Hesse (2002), Señala en su libro, que el movimiento de los líquidos y de los gases se llama flujo. Estos dos fluidos se diferencian entre sí en la medida en que los líquidos casi no se pueden comprimir, mientras que el volumen de los gases depende en buena parte de la presión. No obstante, los cambios de volumen tienen poca importancia si los gases fluyen a una velocidad inferior que la velocidad del sonido se 340 m/s. Hasta esa velocidad se puede afirmar que el aire tiene un volumen constante. Además el aire se comporta casi como un gas ideal a temperaturas entre 0° C y 200° C y con presiones de hasta 30 bar (sin considerar la fricción interna). Partiendo de estas consideraciones, se pueden aplicar diversas ecuaciones básicas relacionadas con la mecánica de los fluidos. La presión (p), la temperatura (t) y el volumen específico (Vesp) son magnitudes que están proporcionalmente relacionados entre sí. Por lo tanto, tiene validez la siguiente ecuación general: $p \cdot V_{\text{esp}} / t = \text{const.}$

Cuando fluye aire comprimido a través de un tubo, el caudal Q se expresa en unidades de volumen divididas por unidades de tiempo. Considerando las condiciones.

$$Q = A \cdot L \text{ en } \text{m}^3 / \text{s.}$$

$$A = \text{Diámetro interior del tubo en } \text{m}^2, \quad A = (D^2 \cdot \pi) / 4.$$

$$L = \text{Longitud del segmento de volumen que fluye en un segundo, expresado en m /s.}$$



La distribución del aire comprimido

Según Hesse (2002), Señala en su libro, que es evidente que el aire comprimido tiene que llegar desde el compresor hasta la unidad consumidora (maquina, herramienta). Para ello es necesario disponer de un sistema eficiente de distribución del aire comprimido constituido por tubos y válvulas. El aire comprimido tiene que llegar hasta la unidad consumidora en la cantidad correcta y la calidad necesaria y con la presión requerida. El sistema de distribución se configura normalmente de tal manera que en la entrada de aire de la unidad consumidora siempre se disponga de la presión mínima necesaria, sin importar cuan alejada este dicha unidad.



Componentes de la red de aire comprimido

Los componentes principales de una red de aire comprimido son los siguientes:



Tubería principal

A través de esta tubería se transporta al aire comprimido desde el compresor hasta el taller en el que es necesario disponer de aire comprimido.



Tubería de distribución

La tubería de distribución suele ser una tubería (anular). Es la que se encarga de llevar el aire comprimido desde la tubería principal hasta los diversos puestos de trabajo.



Tubería de unión

Se trata de la última parte de la red de tubos fijamente instalados. La tubería de unión une la tubería de distribución con cada uno de los puestos de trabajo. Los tubos de unión con frecuencia son tubos flexibles.



Derivación

Se trata de un tubo que lleva desde la tubería de distribución hasta un determinado lugar del taller, este tubo no es circular y termina en un punto muerto. Su ventaja consiste en que se necesita menos material que una tubería circular.



Tubería circular

En este caso, los tubos forman un anillo de distribución. La ventaja de una tubería circular consiste en que permite bloquear determinados tramos y aun disponer de aire comprimido en otros puntos. El diámetro nominal de estas tuberías puede ser más pequeño. Además, también ofrecen la ventaja que aunque se consuma aire comprimido simultáneamente en varios puntos vecinos.

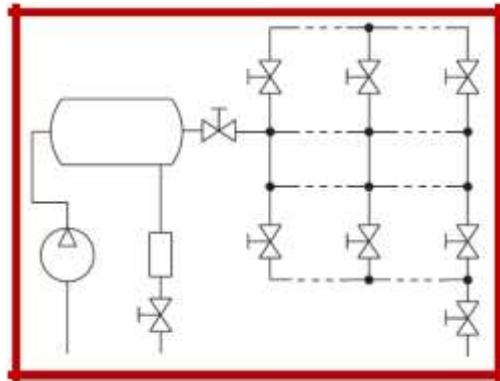


Figura 3. Ejemplo de esquema de una red de tuberías circulares.

Fuente: HESSE, (2002)

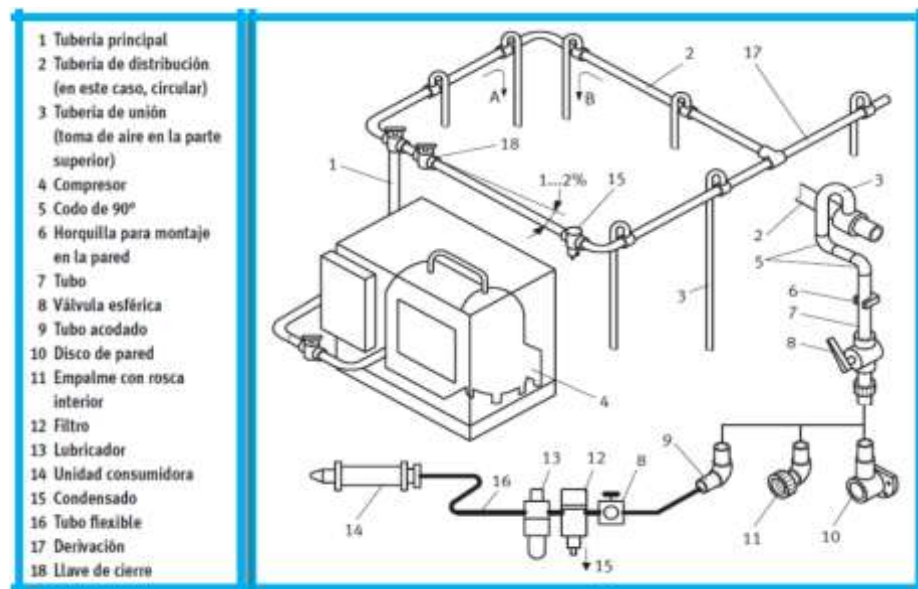


Figura 4. Partes de una red de aire comprimido.

Fuente: HESSE, (2002)

2.1.1. Características de aire comprimido

Según Barahona (2007). Señala que es evidente conocer los motivos que causaron tal evolución al circunscribir nuestro accionar a las características que este presenta. Sería también oportuno anticipar la posibilidad de que existan características deseables e indeseables como a continuación se menciona:

✓

Características deseables

- El aire está disponible en todas partes y en cantidades ilimitadas.
- Se trata de un medio elástico, así que permite su compresión.
- Una vez comprimido puede ser almacenado en recipientes.
- Esta posibilidad de almacenamiento hace que su transporte pueda ser interpretado de dos formas: una por conductos y tuberías, y la otra, en pequeños recipientes preparados para el efecto.
- Aun comprimido el aire no posee características explosivas ya que es insensible a las variaciones de temperatura, esto hace de la técnica neumática un aliado fundamental en casos de seguridad. Además no existen riesgos de chispas o cargas electrostáticas.
- La compresibilidad del aire no compromete los circuitos debido a los golpes de ariete y además las sobrecargas a que se someten no constituyen situaciones peligrosas o que provoquen daños permanentes al material.
- Los cambios de temperatura no modifican su prestación en forma significativa y no produce calor por sí mismo.
- Normalmente se trata de una técnica limpia (desde el punto de vista macroscópico) característica que unida a la seguridad, proporciona una herramienta eficaz en muchos procesos industriales.



Características indeseables

- Requiere instalaciones especiales para la recuperación del aire.
- Desde el punto de vista microscópico el aire tal cual lo tomamos de la atmosfera, no es limpio, motivo por el cual debe ser sometido a ciertos tratamientos para su preparación.
- Los movimientos de los actuadores neumáticos no son rigurosamente regulares ni constantes debido a la calidad elástica del aire.
- El aire comprimido es rentable solamente cuando se utiliza hasta un determinado esfuerzo, desde cierto límite es mejor la fuerza hidráulica.
- Otro de los inconvenientes de esta técnica es el ruido que provoca la descarga del aire ya utilizado a la atmosfera. El cual puede evitarse razonablemente con silenciadores.
- La niebla aceitosa, que se aporta al aire para lubricar los diferentes componentes de la red de distribución, se pierde al escapar el aire al exterior, por lo que cabe aclarar que el aire de descarga podría estar contaminado y que, por lo tanto no sigue manteniendo vigentes todas las propiedades que tenía cuando se le aspiro.
- El aire tiene oxígeno, lo cual es inconveniente en algunos procesos debido a la oxidación de materiales y la alimentación de combustión en caso de incendios, muchas veces se sustituye por nitrógeno por ser un gas inerte que desplaza al oxígeno.

2.1.2. Ventajas del aire comprimido



Ventajas del aire comprimido vs. La electricidad

El uso de aire comprimido en herramientas y equipos tienen varias ventajas sobre el equipo accionado eléctricamente, estas son las siguientes:



Es capaz de llegar a proveer un recurso de energía cuando nos referiremos a los compresores portátiles, ya que las herramientas neumáticas no podrían operar en áreas remotas en donde es imposible contar con otras fuentes de energía. Las herramientas neumáticas pueden llegar a trabajar sin ningún problema de recalentamiento, teniendo además las ventajas de poder contar con velocidades y torques variables, y sin que estas se lleguen a dañar tan fácil por una sobrecarga o dejen de trabajar por una pérdida de flujo, sin embargo no se recomienda sobrepasar la presión indicada por el fabricante, ya que reducen su tiempo de vida útil.



Las herramientas neumáticas son de un peso más ligero y por ello pueden llegar a ser utilizadas por cualquier obrero por mucho más tiempo y con menor fatiga.



El equipo neumático es mucho más seguro ya que reduce el peligro de producir un incendio, especialmente en industrias de pintura y minería, ya que no necesitan de conexiones eléctricas que podrían llegar a producir chispa, sin embargo en el momento de presentarse un incendio el aire es un inconveniente, ya que ayuda a propagar el fuego con mayor rapidez.



Por ser piezas fáciles de remover, accesibles y de simple diseño, los costos de operación y mantenimiento son mucho más bajos.



Ventajas del aire comprimido vs. La hidráulica

Las ventajas del uso de aire comprimido sobre el equipo accionado hidráulicamente son las siguientes:



Es mucho más seguro, debido a que el aire es un fluido que es más resistente de ser consumido por el fuego, ya que opera en líneas de baja presión. Mientras que

los sistemas hidráulicos operan en máquinas que trabajan a altas temperaturas, creando así riesgos de incendio.

- Se requiere de un menor mantenimiento preventivo, mientras que en los sistemas hidráulicos hay que revisarlos constantemente para mantenerlos libres de contaminación y prevenir derrames.
- Los sistemas neumáticos pueden ser diseñados de forma más flexible y simple. Esto es frecuentemente utilizado en una línea de producción que debe ser modificada constantemente para que pueda adaptarse a los distintos productos que se procesan, tal como sucede en la industria automotriz, y además, son muy adaptables a la automatización en sistemas de producción en constante cambio o expansión.
- La red de distribución puede ser diseñada para permitir la operación simultánea de varios sistemas independientes con una instalación a un costo inicial bajo.
- Los costos de mantenimiento son menores debido a que este se realiza en un menor tiempo del que se necesitaría para reparar un sistema hidráulico.
- Las fugas de aire no son críticas como lo son en un sistema hidráulico, ya que se puede seguir operando sin que se reduzca mucho el rendimiento.

2.2. Emisiones vehiculares

Según Saavedra (2014), Señala que el análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular. Según la Guía Metodológica para la estimación de emisiones vehiculares (2007), los vehículos automotores propulsados por motores de combustión interna producen, en general, tres tipos de emisiones de gases contaminantes:

- Emisiones evaporativas (ver Figura 5).
- Emisiones por el tubo de escape (ver Figura 5).
- Emisiones de partículas por el desgaste tanto de los frenos como de llantas.



Emisiones evaporativas

Según la Guía Metodológica para la estimación de emisiones vehiculares (2007), las emisiones causadas por la evaporación de combustible pueden ocurrir cuando el vehículo está estacionado o cuando está en circulación. Su magnitud depende de las características del vehículo, de factores geográficos y meteorológicos como la altura y la temperatura ambiental y, principalmente, de la presión de vapor del combustible. La variedad de procesos por los que se presentan emisiones evaporativas en los vehículos incluyen:

- Emisiones diurnas: Son generadas en el sistema de combustible del vehículo debido a los cambios de temperatura a través de las 24 horas del día.
- Emisiones del vehículo recién apagado con el motor caliente: Se presentan una vez que se apaga el motor, debido a la volatilización del combustible por su calor residual.
- Emisiones evaporativas en circulación: Se presentan cuando el motor está en operación normal.
- Emisiones evaporativas del vehículo en reposo con el motor frío: Ocurren principalmente debido a la permeabilidad de los componentes del sistema de combustible.
- Emisiones evaporativas durante el proceso de recarga de combustible: Consisten en fugas de vapores del tanque de combustible durante el proceso de recarga, se presentan mientras el vehículo está en las estaciones de servicio.



Emisiones por el tubo de escape

Las emisiones por el tubo de escape son producto de la quema del combustible y comprenden a una serie de contaminantes tales como; monóxido y dióxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y material particulado, además de ciertos contaminantes presentes en el combustible como el azufre y, hasta hace algunos años, el plomo (Guía Metodológica para la estimación de emisiones vehiculares,

2007). Estas emisiones se dividen en emisiones en caliente y emisiones en frío (ECE, 1999):

- Emisiones en caliente: ocurre cuando hay estabilidad térmica en la operación del motor (motor caliente).
- Emisiones de partida en frío: ocurre cuando el motor está en proceso de calentamiento, fase durante la cual el motor está alcanzando la temperatura para su funcionamiento óptimo.



Figura 5. Emisiones Vehiculares (tubo de escape y evaporativas).
Fuente: KERLINGER, (1983)

✓ **Emisiones de frenos y neumáticos**

Según la metodología norteamericana MOBILE (2010), estas emisiones se asocian al desgaste debido al tiempo de uso de los frenos y los neumáticos. Los contaminantes que se generan son material particulado y están en función de la categoría vehicular y del nivel de actividad que estos tengan. Para el caso específico de las emisiones de los neumáticos, estas están en función del número de llantas que posee el vehículo.



Modelos de emisión de contaminantes atmosféricos

Un modelo de emisión de contaminantes atmosférico se define como el modelo matemático o el conjunto integrado de modelos matemáticos de diferentes grados de complejidad que sirve para estimar las emisiones hacia la atmósfera de diferentes fuentes ubicadas en una zona geográfica determinada y en un periodo de tiempo establecido (Racero, Canca, Galan y Villa, 2006).

Desde los años setenta diversos modelos matemáticos con distintos tipos de complejidad han sido usados para estimar niveles de contaminación en el aire procedente de fuentes móviles, así como variaciones temporales y espaciales tanto de escenarios reales como de escenarios propuestos. Estos métodos realizan cálculos hipotéticos de emisiones generadas por fuentes móviles considerando un conjunto de vehículos transitando en una zona determinada, a una velocidad promedio. Dichos cálculos podrían ser afinados si se tuviera más información sobre las velocidades y las categorías vehiculares, ya que muchos de ellos producen distintas emisiones bajo diferentes rangos de velocidades y, puesto que eso es posible de hacer, se podría entonces deducir de manera igualmente hipotética las emisiones producidas por cada fuente móvil en un área y un periodo determinado (Lozano, Torres y Antún, 2003).



Factores de emisión

Según la U.S EPA (1995), un factor de emisión es un valor representativo de la cantidad de sustancia contaminante que se libera hacia la atmósfera con relación a la actividad asociada que la produce. En muchos países se han realizado múltiples estudios para determinar las tasas de emisión promedio de diferentes fuentes de emisiones móviles y, puesto que el grado de dificultad es muy alto y no es económicamente factible, existen técnicas indirectas de estimación, como lo es el uso de factores de emisión, los cuales no involucran mediciones en cada una de las fuentes, sino que utilizan los resultados de miles de mediciones directas realizadas en

otras áreas de estudio y las correlacionan con la flota deseada obteniendo así resultados que se ajustan a la realidad. Dichos factores, orientados a estimar la cantidad de contaminación generada por el parque automotor, pueden ser calculados para cada tipo o categoría vehicular de manera general y poseen variables que se ajustan a las características de la localidad en donde se desea llevar a cabo el estudio (Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Vehiculares, 2007).

2.2.1. Contaminación del aire

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existe contaminación del aire cuando en su composición aparecen una o varias sustancias extrañas, en determinadas cantidades y durante determinados periodos de tiempo, que pueden resultar nocivas para el ser humano, los animales, las plantas o las tierras, y/o perturbar el bienestar y el uso de los bienes. El llamado aire puro en realidad no existe, puesto que hay un intercambio constante de materia entre los seres vivos, la hidrósfera, la atmósfera y la litósfera. Sin embargo, es posible que nunca antes la contaminación del aire haya sido tan importante como lo es en la actualidad (Flores, 1997).

2.2.2. Efectos por exposición al monóxido de carbono

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), El monóxido de carbono causa daño al reaccionar con la hemoglobina de la sangre, formando carboxihemoglobina (COHb). El CO se une a la hemoglobina aproximadamente 220 veces con mayor intensidad que el oxígeno de modo que pequeñas cantidades de este gas en el aire que se respira puede hacer que cantidades significativas de la hemoglobina forme COHb. La hemoglobina así combinada no puede desempeñar su función principal que es la de transportar oxígeno en la sangre y por ende, se produce un déficit de oxigenación en todos los tejidos del cuerpo (Muñoz et. al, 2006).

Por otro lado, a la hora de hablar de los efectos de la contaminación sobre la salud es conveniente diferenciar entre la contaminación más típica en invierno y la que es característica del verano (Ballester et. al, 1999).

2.2.3. Efectos sobre el medio ambiente

Según de la Garza (1997), la contaminación del aire tiene efectos perjudiciales sobre casi todas las fases de nuestra vida. Además de los efectos sobre la salud, existen otros efectos secundarios sobre la vegetación, suelo, agua y materiales hechos por el hombre. A continuación se presentan algunas consecuencias generadas a raíz de la contaminación atmosférica:

✓ **Visibilidad**

Según Omursall (1997), la contaminación del aire afecta drásticamente la visibilidad ocasionando una serie de problemas como por ejemplo la relacionada con la operación de aviones y la seguridad de estos. Del mismo modo al dañar la visibilidad se ocasiona una destrucción de los paisajes naturales.

✓ **Calentamiento de la atmósfera**

Según de la Garza (1997), la emisión de ciertos gases, provenientes de la quema de combustible fósil están provocando un considerable aumento de la temperatura del planeta. Uno de esos gases emitidos en su mayoría por fábricas, automóviles y centrales termoeléctricas, es el dióxido de carbono (CO₂) que, al aumentar su concentración en la atmósfera, aumenta también el calor que refleja hacia la superficie. Este calentamiento global traer consecuencias catastróficas a largo plazo como el derretimiento del hielo polar, aumento del nivel de los mares, inundaciones etc.

2.3. Sistemas de ventilación

Según Melgarejo (2014), Señala que la ventilación se puede definir como aquella técnica que permite sustituir el aire en el interior de un ambiente, debido a su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro aire exterior de mejores

características. Es útil para controlar el calor, toxicidad y potencial explosividad de un ambiente. Su objetivo principal es mantener la calidad y el movimiento del aire en condiciones convenientes para la protección de la salud de los ocupantes.

El sistema de ventilación de un estacionamiento tiene como objetivo, en primer lugar, garantizar que no se acumule monóxido de carbono en concentraciones peligrosas en ningún punto del local. Asimismo, la ventilación es necesaria debido a la presencia de vapores que desprende la gasolina, pues estos representan potenciales riesgos de incendio.

Los sistemas de ventilación se pueden clasificar según diferentes aspectos:

1. Según el medio de distribución del aire.
2. Según la fuente de contaminación.
3. Según los equipos de distribución utilizados.

2.3.1. Según el medio de distribución



Ventilación natural

La ventilación natural en los ambientes se realiza mediante aberturas como puertas, ventanas, chimeneas, entre otras. La circulación del aire se produce por diferencias térmicas y de presión. Sin embargo, la ventilación natural resulta ser incontrolable, pues se rige por condiciones imprevisibles.



Ventilación mecánica

En la ventilación mecánica, o ventilación forzada, el aire es extraído de los locales, o inyectado en ellos, debido a la generación de depresiones o sobrepresiones por medio de ventiladores accionados mecánicamente.

2.3.2. Según la fuente de contaminación



Ventilación general o ambiental

Este tipo de ventilación consiste en el ingreso de un caudal de aire exterior limpio, con el fin de diluir los contaminantes y reducir sus concentraciones a niveles inferiores a

los límites permisibles. El aire inyectado al ambiente se propaga y se mezcla con los contaminantes presentes para posteriormente ser extraído y expulsado al exterior. Sin embargo, de encontrarse una fuente de contaminación concreta, el flujo de aire hace que este contaminante se esparza por el ambiente antes de ser extraído del mismo. También es utilizado para controlar la temperatura de los ambientes.



Figura 6. Ventilación general o ambiental.
Fuente: ECHEVERRI, (2011)

Este tipo de ventilación se aplica en ambientes con fuentes de contaminación dispersas, o cuando las fuentes son móviles. Sin embargo, cuando la cantidad de contaminantes y su toxicidad superan ciertos valores, los caudales de aire necesarios no son técnica ni económicamente factibles. La ventilación puede hacerse por medios naturales o mecánicos.

La instalación de un sistema de ventilación general mecánica contiene una gran parte de intuición, sin embargo, se pueden enumerar los siguientes principios:

- Aplicable a contaminantes de baja toxicidad, rápida difusión y pequeñas emisiones.
- Localizar los puntos de extracción lo más cerca posible de las fuentes de contaminación.
- Colocar los puntos de inyección y de extracción de tal manera que se fuerce una corriente general de aire a través de las zonas contaminadas.

- Es preferente utilizar una extracción mecánica y una entrada natural.
- Evitar las zonas “muertas” para la corriente de aire.
- Evitar el reingreso del aire extraído asegurando que la toma de aire para inyección se encuentre alejada de la descarga.

✓

Ventilación exhaustiva localizada

Es utilizada para prevenir la exposición a los contaminantes mediante la captación directa en el lugar que se producen, evitando su difusión. Su principal ventaja consiste en que remueve los contaminantes en lugar de diluirlos. Asimismo requiere menos cantidad de aire que la dilución. Sin embargo, su diseño resulta más complicado que en el caso de los sistemas de ventilación general.

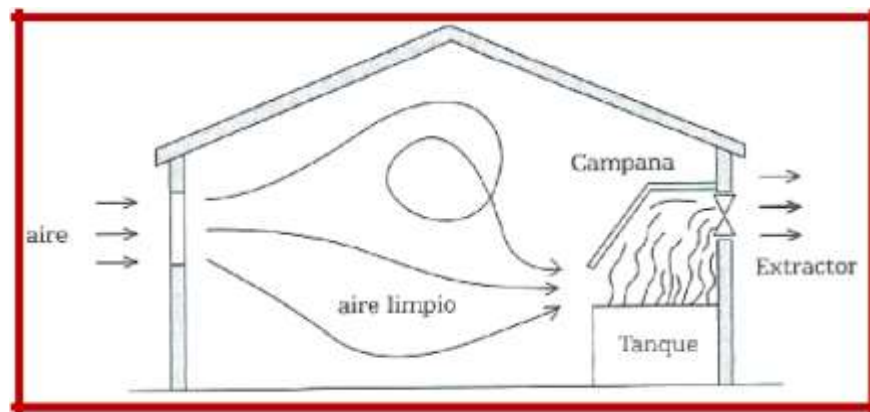


Figura 7. Ventilación exhaustiva localizada.

Fuente: ECHEVERRI, (2011)

Los elementos básicos de una instalación de ventilación exhaustiva localizada son:

- La captación o campana. Su misión consiste en atraer el aire con los contaminantes que contenga para trasladarlo al lugar de descarga. Se utiliza para crear un caudal de aire que capture eficazmente al contaminante. Su utilización se da principalmente en locales industriales y para la extracción de vapores en cocinas.
- La canalización. Consiste en la red de conductos que lleven el aire hacia un equipo de tratamiento para la retención de contaminantes.

- El filtro. Se encarga de la separación de los contaminantes, como polvos y grasas, del aire previo a su descarga al ambiente.
- El extractor de aire. Se encarga de proporcionar la energía necesaria para transportar el aire junto con los contaminantes a través del sistema de conductos.

2.3.3. Según los equipos de distribución

El sistema de ventilación mecánica de un estacionamiento puede funcionar mediante cualquiera de los siguientes criterios:

- Sólo impulsión, con aberturas para la salida de aire.
- Sólo extracción, con aberturas para la entrada de aire.
- Sistema mixto (impulsión y extracción).



Por sobrepresión

El ingreso de aire al ambiente se realiza mediante inyección mecánica. La principal ventaja de este sistema es que el aire de aportación viene directamente del exterior. Consiste en causar una sobrepresión en local obligando al aire contaminado a salir a través de las rampas de acceso. Sin embargo, para largos recorridos, puede provocar altas concentraciones de monóxido de carbono, los cuales precisamente evacuarán por la entrada al estacionamiento y al nivel de la misma calle. La principal dificultad se presenta al conducir el aire contaminado hacia lugares no frecuentados por los ocupantes.

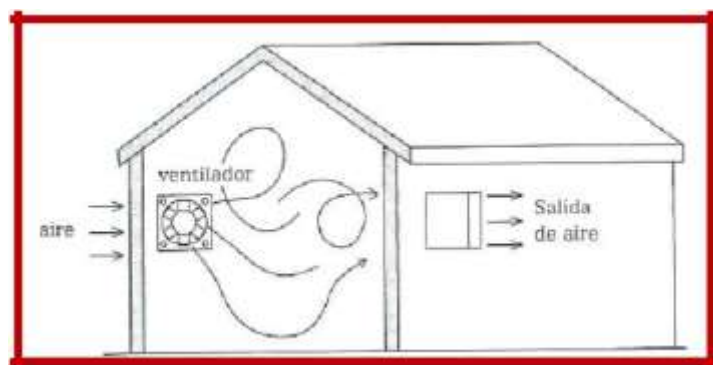


Figura 8. Ventilación por sobrepresión.
Fuente: ECHEVERRI, (2011)

✓

Por depresión

En este tipo de sistema, la salida de los gases se realiza mediante extracción mecánica y la entrada de aire se realiza debido a la diferencia de presión que se genera. Este sistema es el más utilizado debido a que tiene la ventaja de poder controlar la descarga, a través de una red de conductos, hasta un lugar apropiado acorde con la normativa nacional vigente. La entrada de aire hacia los estacionamientos debe ser, preferentemente, por puntos independientes de la rampa de acceso debido a que se producen los gases de los vehículos que ingresan y salen.

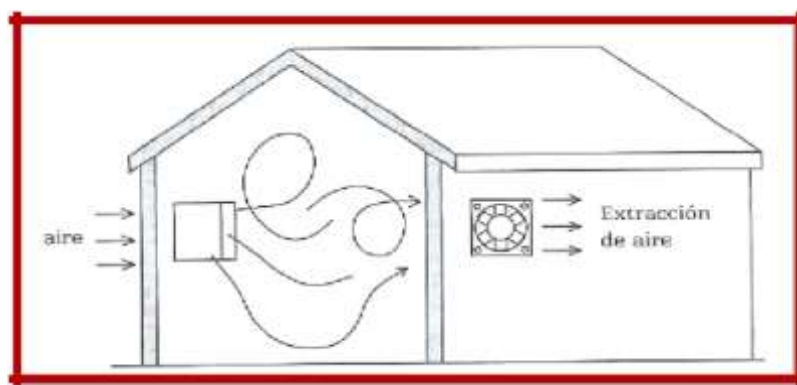


Figura 9. Ventilación por depresión.
Fuente: ECHEVERRI, (2011)

✓

Mixta

Este sistema permite una óptima distribución de aire por el interior del estacionamiento permitiéndole llegar a todos los rincones. Al encontrarse la inyección y extracción trabajando simultáneamente, ambos deberán impulsar o inyectar la misma cantidad de aire, causando el cambio completo del mismo en el interior del estacionamiento.

2.3.4. Control por nivel de monóxido de carbono

Sea mecánico, natural, o ambos, un sistema de ventilación para estacionamientos debe respetar los códigos de aplicación y mantener un nivel de contaminantes aceptables en el aire. De ser permitido por los códigos locales, el flujo de aire de ventilación debería ser variado dependiendo del nivel de monóxido de carbono para ahorrar energía. En

estacionamientos de múltiples niveles son preferibles los sistemas de ventilación con controles individuales.

En la figura 10 se observa los niveles máximos de monóxido de carbono en un estacionamiento (ensayo realizado por Krarti y Ayari en 1998) para tres perfiles de movimiento figura 11 y los siguientes controles de ventilación:

- Volumen constante (CV). El sistema trabaja durante todo el periodo de ocupación.
- Control On/Off. Los ventiladores se prenden y apagan dependiendo de la señal emitida por los sensores de nivel de monóxido de carbono.
- Control de volumen de aire variable (VAV). Se utilizan ventiladores de dos velocidades o ventiladores axiales con álabes de inclinación variable basados en la señal de los detectores de monóxido de carbono.

Asimismo, la figura 10 muestra los ahorros de energía en los ventiladores obtenidos por sistemas de control On/Off y control de volumen de aire variable. Se puede lograr un ahorro significativo de energía utilizando un sistema de ventilación controlado por los niveles de monóxido de carbono para su operación, manteniendo la concentración de monóxido de carbono por debajo de los niveles permisibles.

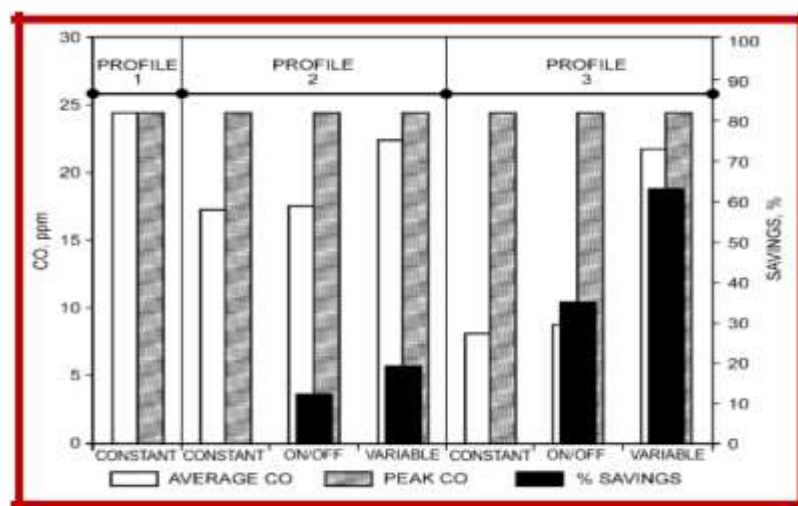


Figura 10. Ahorro de energía y nivel máximo de CO obtenido por sistemas de ventilación controlado por el nivel de CO.

Fuente: ASHRAE, (2011)

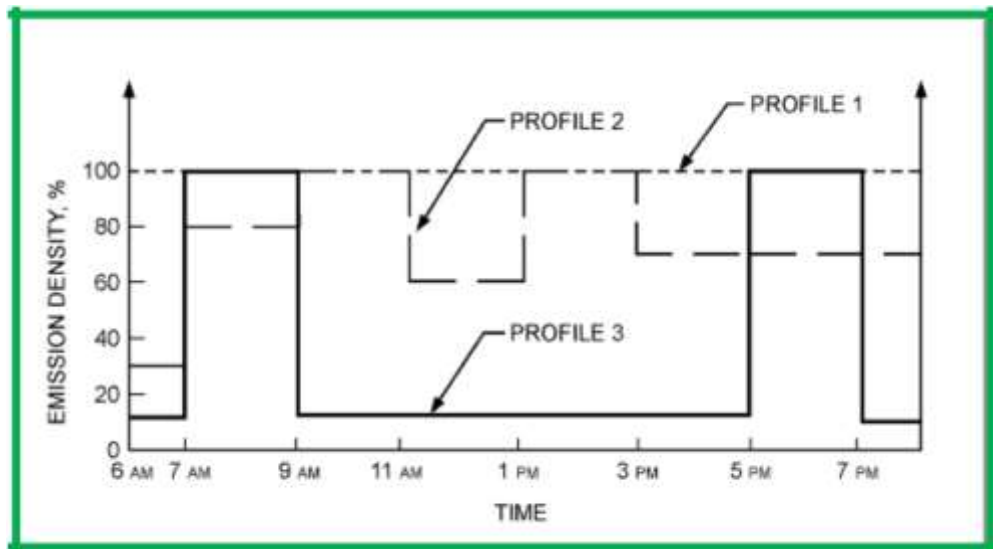


Figura 11. Perfiles de movimiento de tres vehículos analizados.
Fuente: ASHRAE, (2011)

2.4. Ventiladores

Según Sanga (2012), señala que los ventiladores tienen la capacidad de girar un determinado caudal de aire debido a que son mecanismos rotatorios la cual le permite transmitir cierta presión, suficiente para que pueda dominar las pérdidas de carga que se producirán en la circulación por los conductos.

Los ventiladores puede subir la presión hasta aproximadamente 1,5 psi, más allá de esta presión hasta 10 psi se denomina sopladores y a mayores presiones, compresor.

2.4.1. Tipos de ventiladores

Los ventiladores se clasifican en dos principales grupos:

Ventiladores axiales y los ventiladores centrífugos.

✓

Ventiladores axiales

Según Sanga (2012), señala que los ventiladores axiales, tienen un movimiento del flujo a través del rotor, con alabes o palas de distintas formas, se realiza conservando la dirección del eje de este se usan para mover grandes cantidades de aire en espacios abiertos, como la resistencia al flujo es muy baja, se requiere generar una presión estática pequeña, del orden de los 5 a 100 milímetros de columna de agua (0,007-0,5 psi).

Según Sanga (2012), Señala que debido a la principal aplicación de los ventiladores axiales se localizan en el campo de la ventilación general y se les conoce con el nombre de extractores o inyectores de aire. Sin embargo, este tipo de ventiladores, cuando se los construye con alabes en forma de perfil ala y de paso variable, llegan a generar alturas de presión estáticas del orden de los 250 milímetros de columna de agua (0,35 psi) y se los usa en aplicaciones diversas.



Figura 12. Ventilador axial.
Fuente: <http://systemair.com>.



Ventiladores Centrífugos

Según Sanga (2012), señala que en estos ventiladores, el aire entra en dirección paralela al eje del rotor, por la boca de aspiración, y la descarga se realiza tangencialmente al rotor, es decir, que el aire cambia de trayectoria a noventa grados (90°).

Los ventiladores centrífugos desarrollan presiones mucho mayores que los ventiladores axiales, alcanzando presiones de hasta 1000 milímetros de columna de agua (1,43 PSI) y son utilizados, en los sistemas de ventilación localizada.

El principio de funcionamiento de los ventiladores centrífugos es el mismo de las bombas centrifugas. Están constituidos por un rotor que posee una serie de paletas o

álabes, de diversas formas y curvaturas, que rotan aproximadamente entre 200 y 3600 RPM dentro de una encapsulado o envoltura.

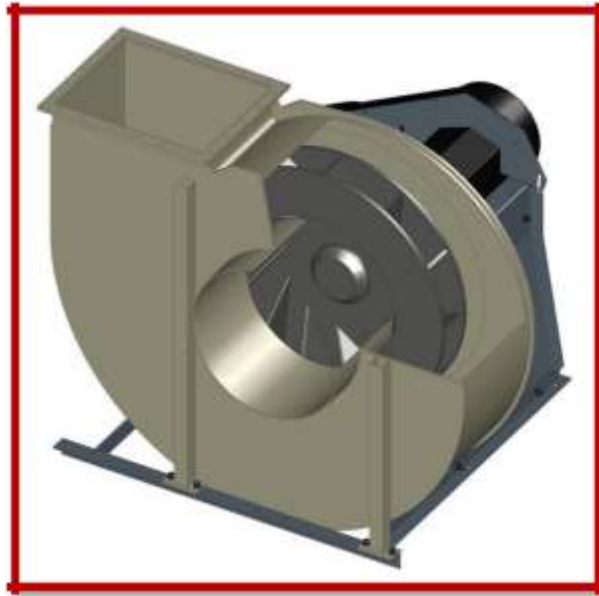


Figura 13. Ventilador centrífugo.
Fuente: <http://.> Ventilador centrífugo.

2.4.2. Leyes de los ventiladores

Según Sanga (2012), señala que los ventiladores son fabricados en serie de dimensiones y velocidades diferentes, en una serie dada cada uno es idéntico al otro en tamaño, y se dice que son geoméricamente similares. Ciertas leyes rigen el funcionamiento de estos ventiladores trabajando en el mismo punto, de la característica presión-volumen, pudiendo ser clasificados como sigue:

- ✓ **Para un mismo diámetro de las aspas**
 - El flujo cambia directamente con la velocidad de giro del ventilador.
 - La presión desarrollada cambia con el cuadrado de la velocidad de giro del ventilador.
 - La potencia absorbida cambia con el cubo de la velocidad de giro del ventilador.
- ✓ **Para una misma velocidad de rotación**
 - El flujo cambia con el cubo del diámetro de las aspas.
 - La presión desarrollada cambia con el cuadrado del diámetro de las aspas.

- La potencia absorbida cambia con el diámetro de los alabes a la quinta.
- ✓ **Si varía la velocidad de rotación y el diámetro de las aspas**
 - El flujo desarrollado cambia con la velocidad de giro multiplicado con el cuadrado del diámetro de las aspas.
 - La presión desarrollada cambia con el cuadrado de la velocidad de giro multiplicado por el cubo del diámetro de las aspas.
 - La potencia absorbida cambia con el cubo de la velocidad de giro multiplicada por el diámetro de los aspas a la quinta.

2.4.3. Selección de ventiladores

Según Sanga (2012), Señala que los principales parámetros que se deben coger en cuenta para la elección de ventilador más apropiado, son a la cantidad de flujo y la presión requerida en la utilización, además se debe tomar muy en cuenta otros factores y consideraciones los cuales se indican a continuación:

- Sobredimensionamiento.
- Velocidad de punta.
- Altitud de la instalación.
- Operación silenciosa.
- Eficiencia.
- Características de construcción.
- Costo.

Los fabricantes de los ventiladores proporcionan la información necesaria para realizar una adecuada selección. Los ventiladores que entre si poseen medidas proporcionales o sea que son semejantes, pertenecen a una misma serie.



Curva característica de un ventilador

Según Sanga (2012), Señala que el experimento de los ventiladores tiene por objetivo definir la capacidad del mecanismo para ceder la potencia de aire que empuja. El ventilador trabaja a un régimen de vuelta constante, tomando valores de diferentes caudales movidos, según sea la perdida de carga que debe dominarse.

La curva característica de un ventilador se obtiene trazando en unos ejes de coordenadas de diferentes valores caudal-presión, adquiridos mediante ensayo en un laboratorio.

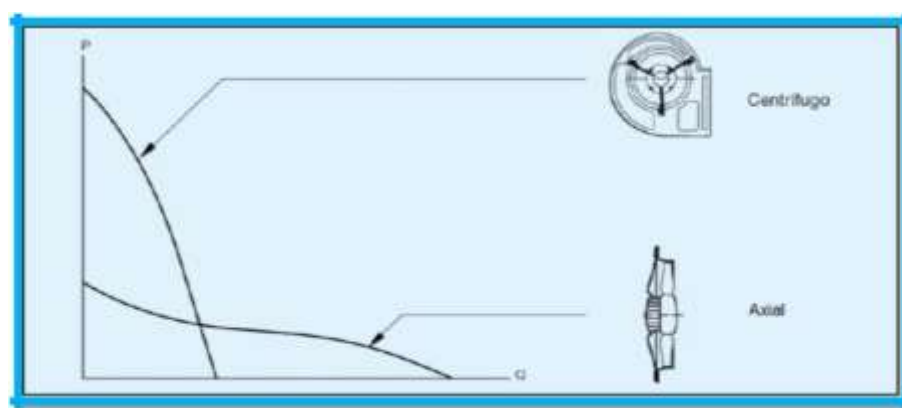


Figura 14. Curvas características de ventiladores.

Fuente: [http://.curvas características](http://.curvas%20características).

Se observa la Figura 14. En que se han representado las curvas características de los tipos fundamentales de ventilación, para poder comprender mejor su comportamiento. Los dos ventiladores comparados tienen el mismo diámetro de rodete. Se puede observar que, a igualdad de caudal impulsado (Q), los ventiladores centrífugos dan más aumento de presión que los axiales. También se observa que, los centrífugos mueven caudales menores que los axiales.

Por lo tanto puede aceptarse que dichos ventiladores más adecuados cuando los caudales sean grandes y las presiones que deban vencer sean pequeñas son los axiales. Estos tipos de ventiladores tiene además la ventaja de la facilidad de instalación. Los ventiladores indicados para desplazar caudales pequeños pero a elevada presión son los centrífugos.

2.4.4. Métodos de cálculo para el sistema de aire comprimido

Para calcular las condiciones normales y estándares.

Se utilizará las siguientes definiciones y nomenclaturas:

✓

Condiciones Normales

Convencionalmente se adopta según la IUPAC - International Union of Pure and Applied:

P_N = Presión normal = 1 atm = 1,013 bar = 101,3 kPa.

T_N = Temperatura normal = 0°C = 273 K.

✓

Condiciones estándar

Está definido por ISO 2533:

P_s = Presión estándar = 1 atm. = 1,013 bar = 101,3 kPa.

T_s = Temperatura estándar = 15°C = 273+15 = 288 K.

✓

Aire libre suministrado FAD (Free Air Delivery)

Es el aire entregado a la salida de compresor teniendo en cuenta todas las pérdidas y es medido según ISO 1217 (Anexo C) con condiciones estándar del aire en la succión del compresor. La relación del caudal FAD y Caudal normal Se utilizará la formula recomendada por Atlas copco, (2015):

$$q_{FAD} = q_N \times \frac{T_{FAD}}{T_N} \times \frac{P_N}{P_{FAD}}$$

Ecuación..... (1)

q_{FAD} = Aire libre suministrado (l/s).

q_N = Caudal volumétrico normal (NI/s).

T_{FAD} = Temperatura estándar en la succión o entrada = 288 K.

T_N = Temperatura normal de referencia = 273 K.

P_{FAD} = Presión estándar en la succión o entrada = 101,3 kPa.

P_N = Presión normal de referencia = 101,3 kPa.



Factor de utilización

Se define como la fracción de tiempo que un equipo neumático demanda aire comprimido en una jornada de trabajo.

$$F = T_u / T_t \quad \text{Ecuación..... (2)}$$

F = Factor de utilización.

T_u = Tiempo total de uso del equipo (min).

T_t = Tiempo total de una jornada laboral (480 min).



Factor de simultaneidad

Se define como probabilidad de que los consumidores se utilicen simultáneamente.



Cálculo del aire seco normal en cada herramienta

Para hallar el aire seco normal de cada herramienta se utilizará la fórmula siguiente:

$$ASN = AS * (273 / T_a) * (P_1 + P_a / P_1) \quad \text{Ecuación..... (3)} \quad ASN$$

= Aire seco Normal (Nm³/min). As = Aire seco (m³/min).

T_a = Máxima temperatura ambiente (K) = 273+30 = 303 K.

P₁ = Presión de ingreso (bar) = 1,013 bar.

P_a = presión actual (kPa).



Cálculo del aire seco demanda en cada herramienta

Para hallar el aire seco demanda de cada herramienta se utilizará la fórmula siguiente:

$$ASD = (Cant. * F_u * F_s) / 100 * ASN \quad \text{Ecuación..... (4)}$$

ASD = Aire seco demanda (Nm³/min).

Cant. = cantidad de equipos o herramientas neumáticas.

F_u = Factor de utilización.

F_s = Factor de simultaneidad.

ASN = Aire seco Normal (Nm³/min).

✓

Cálculo de la demanda teórica en el taller de mantenimiento

Para hallar la demanda teórica en todo el taller se utilizará la fórmula siguiente:

$$D_t = ASD \times (T_a / 273 \times P_1) / (P_1 + 827,371) \quad \text{Ecuación..... (5).}$$

D_t = Demanda teórica (Am_3/min).

ASD = Aire seco demanda (Nm_3/min).

T_a = Máxima temperatura ambiente (K) = $273+30 = 303$ K.

P_1 = Presión de ingreso (bar) = 1,013 bar.

✓

Cálculo de dimensionamiento del tanque receptor

Para calcular el dimensionamiento del tanque receptor se utilizará la formula recomendada por Atlas copco, (2015).

$$V = \frac{0.25 \times q_c \times p_1 \times T_0}{f_{\max} \times (p_U - p_L) \times T_1}$$

Ecuación..... (6).

V = Volumen del tanque receptor o depósito de aire (l).

q_c = Caudal FAD del compresor o capacidad del compresor (l/s).

P_1 = Presión de ingreso al compresor (bar) = 1,013 bar.

T_0 = Temperatura del aire comprimido en el receptor (K) = $273+30 = 303$ K.

T_1 = Máxima temperatura al ingreso al compresor [K] = $273+40 = 313$ K.

f_{\max} = Máxima frecuencia de carga (para los compresores Atlas Copco corresponde 1 ciclo cada 30 segundos) = $1/30$.

$(p_u - p_l)$ = Diferencia de presión ajustada entre carga y descarga (bar) = 1 bar.

✓

Cálculo de dimensionamiento del secador de aire

Para el cálculo de dimensionamiento del secador de aire tenemos que tener en cuenta la calidad de aire según ISO 8573.

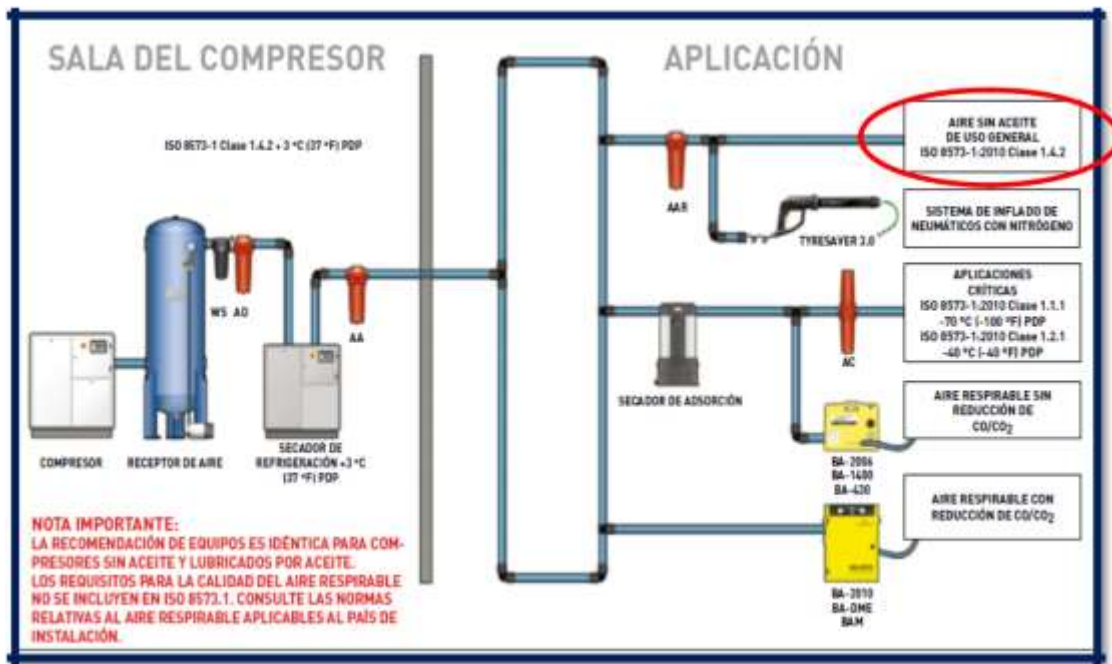


Figura 15. Calidad de aire según ISO 8573 -1:2010 clase 1,4,2.
Fuente: Atlas copco, (2015)

✓

Cálculo de dimensionamiento de la red de aire comprimido

Para calcular el dimensionamiento de la red de aire comprimido se utilizará la formula recomendada por Atlas Copco, (2015). Para el cálculo de la caída de presión se utilizará la formula recomendada por Atlas copco, (2015):

$$\Delta p = 450 \times \frac{q_c^{1.85} \times l}{d^5 \times p}$$

Ecuación..... (7).

p = Caída de presión (bar).

qc = Caudal de diseño o aire, FAD (l/s).

pd = Presión absoluta inicial o de diseño (bar).

d = Diámetro interior de la tubería (mm).

l = Longitud de la tubería o equivalente (m).

2.4.5. Métodos de cálculo para el sistema de extracción de gases

Para el cálculo lo primero que tenemos que calcular es el caudal de aire en el ducto

La ecuación de continuidad del caudal volumétrico se expresa como:

$$Q.d = A.d * V.d \text{ (m}^3\text{/s)} \quad \text{Ecuación..... (8).}$$

$Q.d$ = Caudal de aire en el ducto ($\text{m}^3\text{/s}$).

$V.d$ = Velocidad de transporte en el ducto (m/s).

$D.d$ = Diámetro interior del ducto (m).

$A.d$ = Área de la sección transversal del ducto $\pi / 4 * D.d^2$ (m^2).

La ecuación de Bernoulli es eficaz y útil porque relaciona los cambios de presión con los cambios en la velocidad y la altura a lo largo de una línea de corriente. Para poder aplicarse, el flujo debe cumplir con las siguientes restricciones:

- a) Flujo estable.
- b) Flujo a lo largo de una línea de corriente.

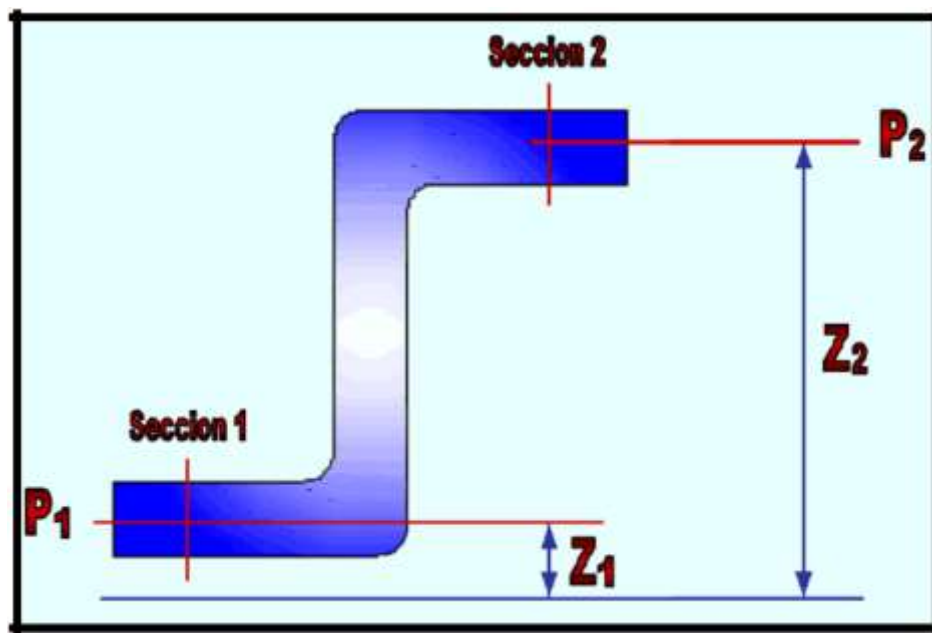


Figura 16. Caída de presión en tuberías.
Fuente: <http://Caída de presión en tuberías>.

✓

Para calcular la caída de presión en tuberías se utilizó la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\delta} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_L + h_R$$

Adecuándola a las características de la mesa hidrodinámica, nos quedaría que Δp es:

$$\Delta P = h_L * \gamma$$

Ecuación..... (9).

γ

= Peso específico del fluido

h_L = La pérdida de un fluido por fricción y su fórmula es:

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación..... (10).

f = Coeficiente o factor de fricción.

L = Longitud de la tubería.

D = Diámetro de la tubería.

V = Velocidad.

g = Gravedad (9,81 m/s²).

Con estas fórmulas se calcula la caída de presión en tubos con diferentes características, en el caso de factor de fricción se tomara el valor correspondiente en las tablas, pero también se podría haber tomado el valor calculando el número de Reynolds y utilizarlo en la tabla de moody.



Para calcular la caída de presión en los accesorios

Se utiliza la misma fórmula que las tuberías pero utilizando L_e en vez de L , L_e es la longitud equivalente y se refiere a la longitud que tendrá ese accesorio si fuera un tubo recto al formula es:

$$\Delta P = h_L * \gamma$$

$$h_L = K * \frac{V^2}{2g}$$

$$K = f_t * \frac{L_e}{D}$$

Ecuación..... (11).



= Peso específico del fluido.

h_L = La pérdida de un fluido por fricción

K = Coeficiente o factor de pérdida.

f_t = Coeficiente o factor de fricción para el accesorio.

L_e = Longitud equivalente del accesorio.

D = Diámetro de la tubería.

V = Velocidad.

g = Gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).



Determinación de la presión del ventilador

Para calcular la determinación de la presión del ventilador tenemos que tener en cuenta el margen de factor de diseño para la presión.

$f.d$ = Factor de diseño para la presión. (1,2 mH₂O Vacío de columna de Agua).

Para calcular la presión de diseño requerida en la línea tenemos que tener en cuenta la formula siguiente:

$$P.d = \Delta p.t * \rho.a * g * f.d$$

Ecuación..... (12).

$P.d$ = presión de diseño requerida en la línea (Pa).

$\Delta p.t$ = caída de presión total (m).

$\rho.a$ = Densidad del aire ($1,2 \text{ k g/m}^3$).

g = Gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).

$f.d$ = Factor de diseño para la presión.



Calculo de potencia del motor

Para calcular la potencia del motor tenemos que tener en cuenta el margen de la eficiencia del ventilador $\eta.v$ que varía entre 60% y 80% según su tamaño, fabricación y punto de servicio.

$\eta.v$ = Eficiencia del ventilador (60% =0,60).

Para calcular la potencia en el eje del ventilador tenemos que tener en cuenta la formula siguiente:

$$P.e = Q.d \cdot p.d / \eta.v \quad \text{Ecuación..... (13).}$$

$P.e$ = Potencia en el eje del ventilador (Watts).

$Q.d$ = Caudal de aire en el ducto (m^3/s).

$P.d$ = presión de diseño requerida en la línea (Pa).

$\eta.v$ = Eficiencia del ventilador (60% =0,60).

Entonces como resultado de la potencia en el eje del ventilador obtenemos la potencia del motor.

$P.m$ = Potencia del motor (Watts).

2.5. Definición de Términos

- Neumática: Energía que utiliza el aire comprimido como mecanismo para mover una fuerza motriz determinada.
- Válvulas: Mecanismos que acceden el paso o el cierre de un determinado flujo de aire o fluido a un circuito neumático o hidráulico.
- PLC: Proviene de las siglas en inglés (Programmable Logic Controller), que traducido al español se entiende como “controlador lógico programable”. Se trata de un equipo electrónico, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real.

- Relé: Es un dispositivo electromecánico. Funciona como interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y electroimán se acciona.
- Relé térmico: Son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas.
- Motor: Es la parte de una maquina capaz de transformar algún tipo de energía. (eléctrica, de combustibles fósiles, etc.), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.
- Contactor: Es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina.
- Cilindro: Actuador lineal provisto de una cámara para de movido con aire comprimido.
- F.R.L.: Filtro, Regulador y Lubricador.
- Deposito: Acumulador de aire para ser sometido a una determinada presión.
- Red: Línea de transmisión de un fluido sea hidráulico o neumático.
- Bar: Se denomina bar a la unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmosfera (1 atm).
- Sistema: Conjunto de elementos que se encuentran interrelacionados y que interactúan entre sí.
- Energía: Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc.
- Tubería: Es un conducto que cumple la función de transportar aire u otros fluidos.
- Circuito: Recorrido o camino que inicia y finaliza en el mismo lugar.
- Chimenea: Ducto especialmente diseñado para acoplar la tubería de extracción de gases al exterior.
- Chimenea salida: La abertura de un aparato domestico destinado para el escape de los gases producto de la combustión.

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Variables dependientes: Sistema de aire comprimido y extracción de gases.

Variables independientes:

- ✓ Distribución de aire comprimido actual.
- ✓ Redes de distribución nueva línea.
- ✓ Capacidad del ventilador de tiro.

Tabla 2.

Indicadores de variable.

	Dimensiones	Indicadores
Distribución de aire comprimido actual	Calidad de aire comprimido	Aplicación de ISO 8573-1 (2010)
	Dimensionamiento del compresor	Grado de aire seco requerida
	Dimensionamiento del tanque receptor	Volumen
	Dimensionamiento del secador de aire	Grado de secado de aire por refrigeración
	Dimensionamiento de la línea de distribución	Velocidad
Redes de distribución nueva línea	Electrónico	Sistema de control digital
	Preventivo y Correctivo	Tipo de mantenimiento
	Presión del ventilador de tiro	Velocidad
Capacidad del ventilador de tiro	Directo	Sistema de control
	Predictivo	Tipo de mantenimiento

Fuente: Propia, (2017)

3.1.1. Definición Conceptual de las variables



Sistema de aire comprimido

El sistema de aire comprimido es el segundo lugar de energía industrial después de la electricidad, para optimizar su producción y su adecuado uso es esencial comprender que las características del aire comprimido. El propósito universal que comparten casi todas las plantas de industrias, fabricación es optimizar la productividad. El aire comprimido no puede comprarse es necesario producirlo. El tratamiento del aire comprimido, producción de aire comprimido. El aire comprimido puede producirse mediante estos procesos:

- Compresión dinámica.
- Compresiones radiales y axiales.
- Compresión dinámica por deslizamiento.



Extracción de gases de escape

Los gases de escape de un motor de combustión de camiones o buses arrancado en frío pueden llegar a niveles peligrosos, tóxicos dentro de un taller cerrado. Aunque los camiones o buses permanezcan arrancados solo durante un breve periodo de tiempo en interiores con las puertas abiertas, el monóxido de carbono de los vehículos se empieza a acumular en el taller. Sin su control y eliminación, los gases de escape de los camiones y buses pueden provocar graves enfermedades a los estudiantes, y daños en los sensibles componentes electrónicos del equipo de diagnóstico y mantenimiento del taller. Los sistemas de extracción están compuestos de las partes siguientes: ductos de manguera flexible, chimenea, accesorios, codos de diferentes ángulos con alabes directrices o sin ellos, tramos rectos y ventilador centrífugo.

✓ **Distribución de aire comprimido actual**

El sistema actual de aire comprimido consta de una sala de compresor con su tanque receptor y una red de distribución de aire comprimido, las características son:

- Compresor de aire.
- Tanque receptor.
- Línea principal de distribución.

✓ **Redes de distribución nueva línea**

Las redes de distribución de aire comprimido surgen para poder abastecer de aire a todas las máquinas y equipos que están en el nuevo taller de mantenimiento, por lo que se debe tender una red de conductos desde el compresor y después de haber pasado por el acondicionamiento de aire, es necesario un depósito acumulador, donde se almacene aire comprimido entre unos valores mínimos y máximos de presión, para garantizar el suministro uniforme incluso en los momentos de mayor demanda.

✓ **Capacidad del ventilador de tiro**

La capacidad del ventilador se utiliza para conocer tamaños, RPM de rotor, y BHP estos están relacionados con el volumen y presión conocida.

3.2. Metodología

A lo extenso de este capítulo determinaremos el método mediante el cual sugeriremos un modelo más adecuado para la generación de descripciones de lugares, asimismo se determinara el tipo de investigación a desarrollarse. Finalmente se establecerá nuestras necesidades de información y la manera en la que esta se colecciona.

3.2.1. Tipos de Estudio

Según Ñaupas, Novoa, Mejía y Villagómez (2011). Señalan que la investigación básica o también llamada descriptiva está orientada a describir objetivamente los problemas de los procesos de producción, distribución, circulación y consumos de bienes y servicios, de

cualquier actividad humana, principalmente de tipo industrial, comercial, comunicacional, etc., es decir, describir una realidad en atención a la variable específica.

- Tipo de investigación descriptiva, porque mediante el uso de modelos matemáticos se resuelven los problemas ya que se conocen los procesos y características del producto, mas no se formulan hipótesis de trabajo para resolver los problemas en el presente informe.
- Tipo de investigación cuantitativa, requiere de aplicar el tipo de investigación pues se interpreta, presenta y describe los datos tal cual se recolecta, y así describir las variables del estudio.
- Tipo de investigación trasversal, todas las variables son medidas en una sola ocasión; por ello de realizar comparaciones, se trata de muestras independientes.

3.2.2. Diseño de Investigación

El diseño de investigación es de tipo no experimental. Ya que no se realizan pruebas modificando intencionalmente las variables dependientes por ser un informe que empezó desde el diseño de los sistemas de aire comprimido y extracción de gases.

3.2.3. Método de Investigación

El método de investigación aplicado es exploratorio-descriptivo, el cual define:

Según Kerlinger (1983). Los estudios exploratorios buscan hechos sin objetivo de predecir las relaciones existentes entre variables. Se utilizan en situaciones en las que prácticamente no se dispone de información o casi no se ha investigado. En este tipo de situaciones se inicia con un estudio exploratorio con el propósito de “preparar el terreno” (Dankhe, 1986), es decir, se desarrollan a fin de ir documentando el tema de investigación.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

4.1. Memoria descriptiva de aire comprimido y extracción de gases

✓

Alcances

La presente Memoria Descriptiva corresponde al proyecto de instalaciones mecánicas dentro del expediente técnico definitivo: "diseño de un sistema de aire comprimido y extracción de gases para un nuevo taller de mantenimiento de camiones en el SENATI" de acuerdo a las exigencias de SENATI, las recomendaciones de Divemotor y lo indicado en las Normas Técnicas de Edificación del Perú.

El proyecto se encuentra ubicado dentro de las Instalaciones del SENATI – DIRECCIÓN NACIONAL, ubicado en la Av. Alfredo Mendiola N° 3520 del distrito de Independencia en la Provincia de Lima – Departamento de Lima.

El presente proyecto pretende incluir cualquier equipo, actividad, y planificación necesarios para la instalación y operación del sistema de aire comprimido y extracción de gases. Todo ello se diseñara siguiendo las especificaciones en las que se detallan las necesidades del cliente.

Es un proyecto del tipo llave-en-mano, es decir, el cliente quiere todo el sistema ya montado y preparado para arrancarlo. Por tanto, además del suministro de equipos debemos encargarnos del diseño de la instalación de los mismos, así como de su montaje.

Desde un punto de vista del sistema una vez instalado en planta, los límites del alcance de este proyecto son:

- Desde el punto de vista mecánico, el proyecto cubre desde la toma de aire de entrada del compresor hasta los puntos de descarga igualmente para el sistema de extracción de gases (el de la línea de aire de servicio y el de la línea de aire de instrumentos).
- Desde el punto de vista eléctrico, Cálculo de Máxima Demanda, Cuadro de Cargas diseño de tableros eléctricos del taller de mantenimiento y sala de Compresora.

Como norma general todo lo que esté incluido entre los límites del alcance arriba indicado se incluye en el proyecto, así como todas actividades de diseño para su correcto funcionamiento.

✓ **Descripción general de las edificaciones**

El proyecto involucra 02 edificaciones de estructura de acero.

✓ **Taller de mantenimiento de camiones**

La edificación cubre un área nominal en planta de $35,20\text{m} \times 11,00\text{m} = 387,20 \text{ m}^2$. La estructura ha sido proyectada en base a pórticos a dos aguas lo cual constara de 3 líneas de ensamblaje de chasis de camión y dos almacenes de componentes y repuestos.



Figura 17. Taller de mantenimiento de camiones.
Fuente: Propia, (2017)



Caseta para compresora

La estructura ha sido proyectada en base a pórticos de acero de perfiles tubulares, cubriendo un área nominal de 2,40m x 6,0m y con una altura mínima de 3,40m.

Para ambas edificaciones los elementos requeridos para el soporte y fijación del sistema de cubiertas y revestimientos consiste de perfiles formados en frío, de espesor delgado: canales y tubos fabricados con lámina de acero estructural.



Códigos y normas

A lo largo de todo el proyecto se deben seguir las secciones aplicables de los códigos y estándares (principalmente DIN y EN) listados a continuación. Salvo que se concrete lo contrario, la última versión de cada norma será la empleada.

Todos los trabajos se efectuarán de acuerdo con los requisitos de las secciones aplicables a los siguientes Códigos o Reglamentos:

- IUPAC - International Union of Pure and Applied
- ISO 1217 (Anexo C) Aire libre suministrado FAD (Free Air Delivery)
- ISO 8573 - calidad de aire comprimido
- Código Nacional de Electricidad – Utilización
- Reglamento Nacional de Edificaciones (especialmente las reglas EM-020, GE-020, EM-110)
- Norma DGE – Gráficos en Electricidad (R.M. N° 091-2002-EM/VME)
- NTP – IEC 60364 2012 Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión



Máxima demanda

Se proyectará las cargas según el cuadro de cargas del Tablero General Existente y los sub tableros existentes y proyectados.

Tabla 3.

Cargas taller de mantenimiento periódico.

CUADRO DE CARGAS TALLER MANTENIMIENTO PERIODICO - SENATI LIMA								
DESCRIPCION			CANT.	POT. UNIT. (Kw)	POT. INSTAL. DE DEMANDA (Kw)	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA MÁXIMA (Kw)	
- TG	G	TT	Equipo Highbay Led 198w	18.00	0.198	3.56	1.00	3.56
			Lámpara de Emergencia	2.00	0.040	0.08	1.00	0.08
			Lavadero de Componentes	1.00	1.000	1.00	1.00	1.00
			Tomacorrientes en Postes	2.00	0.500	1.00	1.00	1.00
			Tomacorrientes de servicios	26.00	0.160	4.16	0.80	3.33
			Vetilador de Tiro	3.00	0.600	1.80	1.00	1.80
			SUBTOTAL TT			11.60		10.77
		E -1	Mesas de Trabajo	4.00	0.500	2.00	1.00	1.50
			Gabinete de Comunicaciones	1.00	1.500	1.50	1.00	2.20
			Computadoras	11.00	0.200	2.20	1.00	0.30
			Proyector	1.00	0.300	0.30	1.00	
			SUBTOTAL TE-1			4.00		4.00
	E-2		Equipo de 2x36W	24.00	0.072	1.73	1.00	1.73
			Lámpara de Emergencia	2.00	0.040	0.08	1.00	0.08
			Tomacorriente de Servicios en Aulas	14.00	0.165	2.31	0.70	1.62
			Tomacorrientes de Computadoras	4.00	0.200	0.80	1.00	0.80
			Extractor Heicocentrifugo	6.00	0.300	1.80	0.70	1.26
			Subtablero STD (Existente)	1.00	25.000	25.00	1.00	25.00
			Ventiladores	6.00	0.080	0.48	0.80	0.38
			TOTAL TABLERO GENERAL			49.80		47.64
		APLICANDO UN FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE 0.85 SE TIENE:						

Fuente: Propia, (2017)

Tabla 4.

Cargas de Tablero de Compresor.

CUADRO DE CARGAS COMPRESORA						
DESCRIPCION		CANT.	POT. UNIT. (Kw)	POT. INSTAL. (Kw)	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA MÁXIMA (Kw)
-COMP	COMPRESORA DE 10 HP (7.46KW)	1.00	11.19	11.19	1.00	11.19
	TRIFASICO, 220V Pa=1.5Pn					
	EQUIPO DE ILUMINACION	2.00	0.07	0.14	1.00	0.14
	TOMACORRIENTES	2.00	0.17	0.33	1.00	0.33
	REFLECTOR	1.00	0.40	0.40	1.00	0.40
	TOTAL TCOMP			12.06		12.06

Fuente: Propia, (2017)



Suministro eléctrico

Se consideran los siguientes voltajes nominales:

- Tensión de Servicio Trifásico : 220 Vac, 3 F+T
- Rango de variación de servicio : $\pm 5\%$ V
- Corriente de Cortocircuito : 10 kA
- Frecuencia : 60 Hz
- Factor de potencia : 0,80



Redes exteriores (alimentadores principales)

El alimentador del tablero general es existente con cable N2XOH 3-1x120mm² a través de ductos subterráneos y buzones provenientes de un tablero general de la Subestación 3.

Desde el tablero TG existente se alimentará a los tableros eléctricos nuevos:

TT Tablero de Taller

TE-1 Tablero Estabilizado de Aula 1

T-V Tablero de Ventiladores de las Aulas 1 y 2

Desde este tablero TG también está alimentado el Sub Tablero STD del aula taller contiguo la cual no será intervenida.



Energía estabilizada

Desde el Tablero Estabilizado del Aula 1 TE-1 se brindará servicio a todos los puestos de aulas a través del Estabilizador de 5 KVA, trifásicos, 220V, 60Hz. Contendrá circuitos de energía estabilizada para el Gabinete de Comunicaciones, las computadoras y los proyectores.



Características de tableros

A continuación se describen los tableros proyectados según los requerimientos de cargas de cada área:



Tablero general TG existente

Para servir a las cargas de iluminación, tomacorriente y extractores de aulas, así como para brindar alimentación a los subtableros eléctricos. Es del tipo Adosado, hermético con un interruptor de cabecera de 3x320A, 70KA, 220V. Contiene 08 interruptores del tipo caja moldeada trifásicos marca ABB, modelo SACE Tmax.

Contiene en la parte inferior 06 interruptores monofásico del tipo Riel DIN pero conectados a panel de barras, marca ABB, 10 KA. Mandil y Puerta Abisagradas.

01 Interruptor Diferencial de 2x25A. Este tablero será intervenido, para cambiar los interruptores termo magnéticos según lo indicado en el Diagrama Unifilar. Se cuentan con circuitos existentes los cuales se indican como no modificados, tales como el que va hacia el Sub tablero STD y a un circuito de compresora.



Tablero de taller nuevo

Para servir a las cargas de iluminación, tomacorrientes y fuerza de taller de mantenimiento. Será del tipo adosado, hermético con un interruptor de cabecera de 3x60A, 25KA, 220V. De 30 polos, con panel de barras para interruptores atornillables, con interruptores de 10 KA, 220V. Contendrá mandil y puerta abisagrados. Interruptores Diferenciales de 2x25A, 30 mA de sensibilidad, tipo AC.



Tableros estabilizados TE-1

Del tipo Adosado, hermético con un interruptor de cabecera de 3x40A, 10KA, 220V.

Con interruptor de base para entrada de Estabilizador. Con panel de barras de cobre de 18 polos para interruptores atornillables, de 10KA, 220V, según indicación en Diagrama Unifilar. Contendrá mandil y puerta abisagrados. Interruptores Diferenciales de 2x25A, 30 mA de sensibilidad, tipo A.



Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta tierra dentro de las instalaciones del SENATI las cuales abarca la sala de compresor existente, el sistema de puesta a tierra va directo al nuevo taller de mantenimiento estas instalaciones en la zona de taller son completamente nuevas

por otra parte en el nuevo taller de mantenimiento esta junto a aulas existentes y el pozo de puesta a tierra es existente, y se le brindará solo mantenimiento.

✓ **Sistema de control de incendios**

- Extintores portátiles de polvo químico ABC, CO2 y otros.

La selección de los extintores portátiles será de acuerdo al tipo y clase de fuego según NTP 350.021. La selección, distribución y carga será según NTP 350.043.

- Gabinetes Contra Incendio. De acuerdo a Norma A.130 – RNE y NFPA 14. Los gabinetes de Señalización – Seguridad y ACI.

4.2. Análisis situacional

En este capítulo se detallara la forma en que se recopiló los datos e informaciones necesarias para ejecutar el análisis situacional actual de la sala de compresor y la red de aire comprimido existente en EL SENATI de acuerdo a la metodología mostrado en el capítulo uno.

4.2.1. Evaluación de la instalación actual en la sala de compresor

El sistema de aire comprimido de la situación actual de la sala de compresor, que incluye el compresor y la red de distribución, está en condiciones que lo hacen ineficiente, esto debido a una serie de factores tales como: errores en el diseño, antigüedad y carencia de algunos elementos, falta de mantenimiento y una creciente demanda de aire comprimido. En general, el aire que se está suministrando actualmente es de baja calidad, ya que no cumple con los requerimientos mínimos, tanto para las herramientas que actualmente se utilizan en la sala de compresor, como para el nuevo sistema de aire comprimido seco para el nuevo taller de mantenimiento que se pretende instalar.

4.2.2. Estado del compresor actual



Datos de la Instalación Actual

La línea de aire comprimido actual consiste de una sala de con un compresor con su tanque receptor y una red de distribución de aire comprimido, las características son:



Compresor de aire

- Marca: Cattini Altissima Qualita.
- Modelo: 7030055HP00.
- Número de serie: 1505.
- Presión de trabajo: 120 PSI.
- Caudal de trabajo: Sin Información.
- Máxima presión: 150 PSI.
- Potencia del motor: Sin Información.
- Tipo: Estacionario, alternativo de pistón, cilindros verticales, dos etapas, refrigerado por aire, con interenfriador, montado sobre depósito horizontal y accionado por motor eléctrico acoplado por correas.



Tanque receptor

- Capacidad: 0,50 m³.
- Manómetro indicar de presión.
- Válvula de alivio: 150 PSI.
- Válvula de drenaje automático.

Cabe recalcar que debido al aumento en la demanda de aire comprimido, éste compresor ya no cumple con los requerimientos, y menos aún para alimentar el nuevo sistema de aire comprimido seco para el nuevo taller de mantenimiento que se pretende instalar. La sala del compresor está relativamente centralizada, consta de un área de 12 metros cuadrados, con paredes de 2,30 metros de altura; el compresor está anclado en una estructura metálica que lo eleva 0,30 metros del suelo.



Figura 18. Sala de compresor actual.
Fuente: Propia, (2017)

El compresor está regulado para arrancar a 120 PSI y apagarse a 150 PSI, hay presencia de pequeñas fugas en el sistema, ya que el compresor arranca aproximadamente dos veces por hora cuando no hay consumo de aire comprimido, es decir cuando el taller está parado; lógicamente esto implica un gasto de energía eléctrica y desgaste innecesario del compresor.

4.2.3. Estado de la red de distribución actual

✓

Línea principal de distribución

- Diámetro nominal de tubería principal: $\varnothing 3/4"$ STD.
- Diámetro interior de la tubería: $\varnothing 23,32$ mm.
- Clase de tubería: ASTM A53 Grado A.
- Presión de prueba: 70 PSI.
- Longitud de la línea: 230,00 m.

➤ **Puntos de distribución: 4.**

La línea actual está operando a la misma presión que se está proyectando la nueva instalación por lo tanto no se requiere comprobar la resistencia de la tubería a la presión de servicio. En la lista de consumidores y hojas de datos se especificarán las características técnicas de los componentes de la nueva instalación y también se solicitará a los proveedores indicar los requerimientos de sus equipos.

Debe indicarse que la línea actual no tiene sistema de secado de aire, además está interconectado con otra línea de aire comprimido para emergencia en caso que falle el compresor.

4.2.4. Consumo de aire del equipo y herramientas del taller de mantenimiento

A todo equipo y herramienta que demanda aire comprimido se le denomina equipo neumático, en el nuevo taller de mantenimiento se cuenta con variedad de estos equipos, de los cuales es importante saber cuánto aire requieren y cuan frecuente se utilizan, con la finalidad de calcular la demanda total de aire, que es un factor determinante de los diámetros de tubería y capacidad del compresor a seleccionar; se procede a desarrollar la memoria de cálculo del sistema de aire comprimido.

4.3. Memoria de cálculo aire comprimido seco

✓

Definiciones y Nomenclaturas

✓

Condiciones Normales

Convencionalmente se adopta según la IUPAC - International Union of Pure and Applied:

PN = Presión normal = 1 atm = 1,013 bar = 101,3 kPa.

TN = Temperatura normal = 0 °C. = 273 K.

✓

Condiciones estándar Está definido por ISO 2533:

PS = Presión estándar = 1 atm = 1,013 bar = 101,3 kPa.

TS = Temperatura estándar = 15 °C = 273+15 = 288 K.

✓ **Aire libre suministrado FAD (Free Air Delivery)**

Es el aire entregado a la salida de compresor teniendo en cuenta todas las pérdidas y es medido según ISO 1217 (Anexo C) con condiciones estándar del aire en la succión del compresor. La relación del caudal FAD y Caudal normal es: $q_{FAD} = q_N \times (T_{FAD}/T_N) \times (p_N/p_{FAD})$.

T_{FAD} = Temperatura estándar en la succión = 288 K.

T_N = Temperatura normal de referencia = 273 K.

p_{FAD} = Presión estándar en la succión = 101,3 kPa.

p_N = Presión normal de referencia = 101,3 kPa.

✓ **Factor de utilización**

Se define como la fracción de tiempo que un equipo demanda aire comprimido en una jornada de trabajo.

$F = T_u/T_t$.

F = Factor de utilización.

T_u = Tiempo total de uso del equipo [min].

T_t = Tiempo total de una jornada laboral [480 min].

✓ **Factor de simultaneidad**

Se define como probabilidad de que los consumidores se utilicen simultáneamente.

✓ **Determinación de la calidad de aire comprimido**

La calidad de aire comprimido será adoptada de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ISO 8573-1: 2010. Según el cuadro adjunto se requiere la calidad clase 1,4,2 y los equipos serán seleccionados para cumplir con estas exigencias.

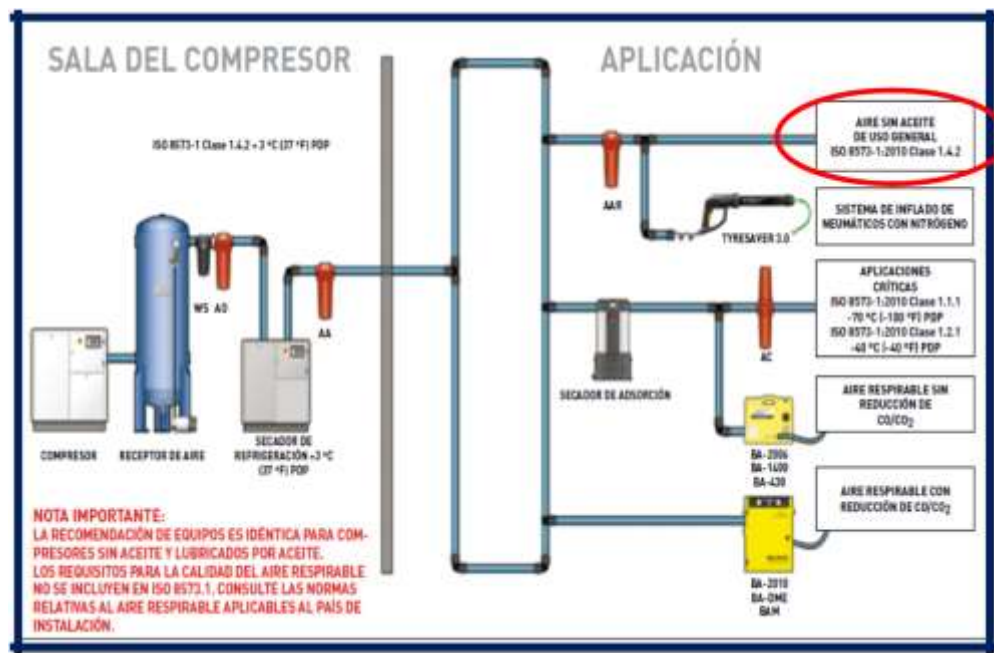


Figura 19. Instalaciones típicas conforme ISO 8573.
Fuente: Atlas copco, (2015)

✓

Inventario del equipo

El nuevo taller de mantenimiento cuenta con varias herramientas y equipo neumático.

✓

Consumo unitario

El flujo o demanda de aire comprimido que tiene cada herramienta o equipo neumático. Ya están establecidos en La lista de consumidores de aire comprimido está descrita en el documento (Anexo 1) y fueron definidos por los requerimientos del cliente Divemotor y los consumos actuales de aire comprimido en las instalaciones de SENATI.

✓

Evaluación del nuevo requerimiento de aire

Se evaluará el consumo de aire comprimido de los equipos a ser utilizados en el nuevo taller de mantenimiento de ensamblaje, los consumos nominales están enumerados en el documento Líneas de aire comprimido (Anexo 1).

✓

Bomba de aceite 1 7/16"

- Consumo de aire: 0,142 m³/min.
- Cantidad de equipos: 3 unidades.

- Factor de utilización: $F=60/480 = 0,125$.
- Tipo de aire: seco lubricado.

✓ **Bomba de Grasa 2 1/4"**

- Consumo de aire: $0,200 \text{ m}^3/\text{min}$.
- Cantidad de equipos: 3 unidades.
- Factor de utilización: $F=60/480 = 0,125$.
- Tipo de aire: Seco lubricado.

✓ **Llave de impacto 3/4"**

- Consumo de aire: $0,241 \text{ m}^3/\text{min}$.
- Cantidad de equipos: 3 unidades.
- Factor de utilización: $F=120/480 = 0,250$.
- Tipo de aire: Seco lubricado.

✓ **Tomas de Aire de limpieza"**

- Consumo de aire: $0,150 \text{ m}^3/\text{min}$.
- Cantidad de equipos: 10 unidades.
- Factor de utilización: $F=30/480 = 0,0625$.
- Tipo de aire: Seco.

✓ **Calculo del aire requerido o demanda teórica**

Para determinar la demanda teórica "D" de todo el equipo y herramienta del taller, es necesario multiplicar el consumo unitario de cada una, por la cantidad, por el coeficiente de utilización y posteriormente se suma el total, resumiendo estos cálculos. En la tabla 5 se representa el resumen de los consumidores y la demanda de aire requerida para el dimensionamiento del compresor.

Para hallar el aire seco normal de cada herramienta se utilizará la fórmula siguiente:

$$ASN = AS * (273 / Ta) * (P1 + Pa / P1)..... (5)$$

En donde:

ASN = Aire seco Normal [Nm^3/min].

AS = Aire seco [m³/min].

Ta = Máxima temperatura ambiente [K] = 273+30 = 303 K.

P1 = Presión de ingreso [bar] = 1,013 bar.

Pa = Presion actual [kPa].

Para hallar el aire seco demanda de cada herramienta se utilizará la fórmula siguiente:

$$ASD = (Cant. * Fu * Fs) / 100 * ASN..... (5)$$

En donde:

ASD = Aire seco demanda [Nm³/min].

Cant. = cantidad de equipos o herramientas neumáticas.

Fu = Factor de utilización.

Fs = Factor de simultaneidad.

ASN = Aire seco Normal [Nm³/min].

Tabla 5.

Demanda de aire seco requerida para dimensionamiento del compresor.

Item	Cant.	Equipo	Presion actual	Aire seco	Aire seco Normal	Factor de utilizacion	Factor de simultaneidad	Aire seco Demanda
		Tipo	[kPa]	[m ³ /min]	[Nm ³ /min]	[%]	[%]	[Nm ³ /min]
1,00	3	Bomba de aceite 1.4"	689,475	0,142	0,999	12,50	0,50	0,187
2,00	3	Bomba de grasa 2.25"	689,475	0,200	1,407	12,50	0,50	0,264
3,00	3	Llave de impacto 0.75"	827,371	0,241	1,991	25,00	0,80	1,194
4,00	10	Aire de limpieza	827,371	0,215	1,776	6,25	0,90	0,999
Total								2,644

Fuente: Propia, (2017)

Como se puede observar en la tabla 5. Esta el resultado del aire seco normal de cada herramienta y el aire seco demanda de cada herramienta, por lo cual se concluye. Que la demanda de aire seco total requerida es de [2,644 Nm³/min].

Obteniendo estos resultados procederemos a calcular la demanda teórica en todo el taller tabla 6. Para hallar la demanda teórica en todo el taller se utilizará la fórmula siguiente:

$$Dt = ASD * (Ta / 273 * P1) / (P1 + 827.371)..... (5) \quad \text{En donde:}$$

Dt = Demanda teórica.

ASD = Aire seco demanda [Nm³/min].

Ta = Máxima temperatura ambiente [K] = 273+30 = 303 K.

P1 = Presión de ingreso [bar] = 1,013 bar.

Se concluye que la demanda teórica en todo el taller es de [0,512 Am³/min] tabla 6.

827.371 = Máxima presión actual del equipo neumático como se observa la tabla 5.

Tabla 6.
Demanda teórica total de aire.

Demanda requerida	[Nm³/min]	
Demanda calculada	2,644	
Perdida por fugas (10%)	0,264	
Factor de diseño (20 %)	0,529	
Factor para crecimiento futuro (30%)	0,793	
Total	4,231	Nm³/min
	0,512	Am³/min

Fuente: Propia, (2017)

4.4. Solución del problema

Luego de proponer las nuevas alternativas para garantizar un adecuado servicio de la línea de aire comprimido seco y el sistema de extracción de gases, se procede a seleccionar los equipos con cada uno de sus componentes, como se observa a continuación.

4.4.1. Selección del compresor

La máxima presión de trabajo del compresor está determinada por la presión de trabajo de las llaves de impacto y se calculara para que las pérdidas de presión en la línea de distribución permitan tener una presión de trabajo de (900 kPa) en los consumidores finales.

Para el caudal requerido de (0,512 Am³/min) se recomienda compresores de tornillo que también presentan una mejor eficiencia volumetría, se enumeran las principales ventajas de los compresores de tornillo versus los alternativos o pistón:

- Adecuado para bajos caudales.
- Mejor eficiencia volumétrica.
- Suministro regular, más continuo.
- Compresión próxima a la isotérmica.
- Menor consumo energético en el motor.
- Gran durabilidad de la unidad.



Compresores de pistón

Los compresores de pistón comprimen el aire haciendo mover un pistón dentro de un cilindro. El proceso es el mismo que en la etapa de compresión de los motores de combustión. El principio de funcionamiento es muy sencillo: con el pistón en su posición más baja se llena el cilindro de aire a presión ambiental, el pistón se mueve reduciendo el volumen del aire y aumentando su presión. Cuando el pistón está en su máxima posición, el aire se libera.

Dentro de los compresores de pistón existen varias variantes, enfocadas principalmente a aumentar la eficiencia del compresor, como son la compresión en varias etapas o los pistones con dos cámaras. La primera consiste en, una vez completada la compresión en un primer pistón se hace pasar el aire ya comprimido por un segundo pistón, que lo comprime a más presión en esta segunda etapa. Como es lógico en esta segunda etapa el pistón es de menor tamaño (el aire que entra ya está comprimido y ocupa menos espacio que en la primera). La segunda variante pretende aprovechar todo el recorrido del pistón, con lo que se mueve dentro de un cilindro cerrado, comprimiendo el aire en una cámara al desplazarse en un sentido y en la otra moverse en el sentido contrario.

Esta tecnología fue de las primeras en desarrollarse, pero cuenta con la desventaja de no producir el aire de forma continuada, sino a “golpes” que se corresponden con las etapas del pistón. Entre el conjunto de tecnologías de compresión se sitúa en el

rango bajo, siendo la que se usa cuando se requiere poco caudal. Por hacernos una idea, esta tecnología se usa hasta unos pocos kW de consumo eléctrico.



Figura 20. Compresor de pistón de dos etapas.
Fuente: <http://Compresor de pistón de dos etapas>.

✓

Compresores de tornillo

Los compresores de tornillo consisten en dos tornillos, uno macho y uno hembra, que son propulsados por un motor. Al girar, el aire pasa por el espacio entre los dos tornillos, que va siendo cada vez menor, con lo que se obtiene la compresión. Para evitar el desgaste excesivo de los tornillos se lubrican mediante aceite, que luego se separa del aire y se reutiliza; aunque existen ya compresores de tornillo que evitan el aceite. Estos compresores también pueden constar de dos etapas de compresión, lo que aumenta su eficiencia pero también los costes de inversión. Otra alternativa, también de mayor coste, es el uso de compresores de velocidad variable. Esto permite adecuar la velocidad del compresor a la demanda real de aire comprimido, evitando reencendidos y consumo excesivo del compresor, por lo que puede ser interesante desde el punto de vista de la eficiencia para determinados casos de demanda (a una demanda muy constante a lo largo del tiempo el compresor de velocidad variable no le aporta nada más que una mayor inversión inicial). La última

variable destacable en cuanto a compresores de tornillo son los compresores exentos de aceite. Esto no mejora la eficiencia del compresor, pero si la calidad del aire comprimido.

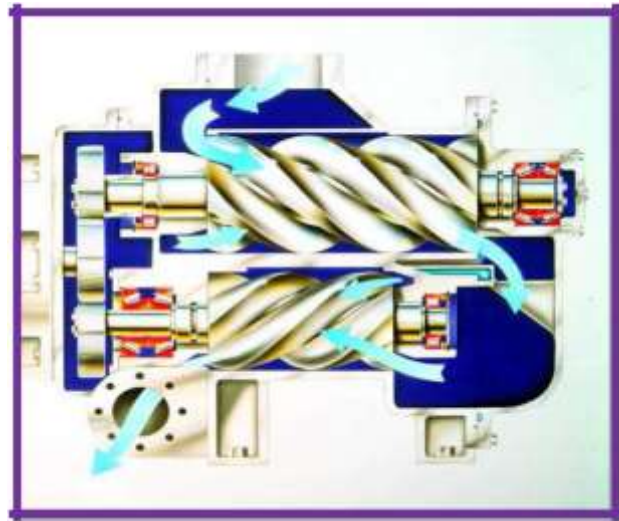


Figura 21. Flujo en un compresor de tornillo de 2 etapas.
Fuente: <http://Flujo en un compresor de tornillo>.

Tabla 7.
Cuadro comparativo de compresores de tornillo versus de pistón.

	TORNILLO	PISTÓN
Consumo de aire superior a 120 pcm	X	
Consumo de aire inferior a 120 pcm		X
Carga horaria superior a 12 horas	X	
Carga horaria inferior a 12 horas		X
Factor ruido es relevante	X	
Tratamiento de aire total	X	
Tratamiento de aire parcial		X
Consumo de aire con pequeñas variaciones de volumen	X	
Consumo de aire con grandes variaciones de volumen		X
Aumento significativo de consumo en medio plazo	X	
Aumento gradual de consumo a medio y largo plazo		X

Fuente: Atlas copco, (2015)

Por lo expuesto se seleccionará un compresor de tornillo para una capacidad requerida de $0,512 \text{ Am}^3/\text{min}$ y presión de trabajo de $(1000 \text{ Kpa}) = (10 \text{ bar}) = 145 \text{ PSI}$. Para estos valores se espera que la potencia instalada en el motor del compresor esté entre 4,0 kW a 5,5 kW. La unidad será compacta y estará montada sobre el

tanque receptor de 0,5 m³ en donde además estará montado también el sistema de tratamiento de secado del aire. La unidad está encapsulada de tal manera que el ruido generado no supere los (70 dBA) a un metro de distancia del equipo. Al ser la unidad compacta se instalará ocupando el mismo espacio de la actual compresora y no requerirá modificaciones mayores a la infraestructura actual de sala de compresora, pero si se requiere modificar la sala de compresora para un mejor mantenimiento se puede modificar. Se muestran dos cuadros con Especificaciones técnicas de compresores presentes en el mercado local y que tienen servicio post venta en el país como referencia para determinar el espacio requerido y la potencia de consumo del equipamiento y la generación de ruido esperada.



Figura 22. Compresor de tornillo Ingersoll Rand.
Fuente: <http://ingersollrandproducts.com/>

4.4.2. Dimensionamiento del tanque receptor

Se utilizará la fórmula recomendada por Atlas copco, (2015).

$$V = (0.25 * q_c * p_1 * T_o) / (f_{max} * (p_u - p_l) * T_1)$$

En donde:

V = Volumen del tanque receptor [l]

q_c = Caudal FAD del compresor [l/s] = 74,39 l/s

p_1 = Presión de ingreso al compresor [bar] = 1,013 bar

T_o = Temperatura del aire en el receptor [K] = $273+30 = 303$ K

T_1 = Máxima temperatura al ingreso al compresor [K] = $273+40 = 313$ K

f_{max} = Máxima frecuencia de carga = $1/30$ (pu-pl) = Diferencia en presión de carga y descarga [bar] = 1,0 bar

Reemplazando valores:

$$V = (0,25 * 74,39 * 1,013 * 303) / (1/30 * 1,00 * 313) = 547 \text{ l} = 0.547 \text{ m}^3$$

La capacidad del tanque receptor se debe seleccionar es de $0,547 \text{ m}^3$ Como se puede apreciar es conforme el tamaño especificado por los proveedores en las especiaciones técnicas propuesta y que se muestran en el párrafo de selección del compresor.



Figura 23. Tanque receptor Ingersoll Rand.
Fuente: <http://ingersollrandproducts.com/>

4.4.3. Dimensionamiento del secador de aire

En cuanto al secado del aire existen principalmente dos tecnologías: secado por refrigeración y secado por absorción.

✓ **Secado de aire por refrigeración**

El aire contiene agua en forma de vapor. El aire a menor temperatura es capaz de retener menor cantidad de ese vapor. Esta propiedad se aprovecha para el secado de

aire por efecto de sistemas de refrigeración. En una primera instancia el aire húmedo pasa por un pre enfriador (denominado economizador) donde el aire comprimido baja su temperatura para aprovechar la baja temperatura del aire saliente del proceso de secado. Luego, el aire pre enfriado ingresa al evaporador/secador del equipo donde se llega a una temperatura (baja) tal que el aire no puede contener la cantidad de vapor original (conocida como temperatura de rocío). El agua se separa del aire escapando por una trampa de forma continua al exterior. EL aire enfriado y ahora "seco" sale del secador pero, aprovechando la baja temperatura que tiene, intercambia calor (enfría) con el aire de ingreso. La corriente de aire a secar puede fluctuar, por lo que el secador dispone de un control continuo de capacidad que se adapta constantemente a las características del caudal de aire.

✓ **Secado de aire por absorción**

El secado por absorción es un procedimiento puramente químico. El aire comprimido pasa a través de un lecho de sustancias secantes. En cuanto el agua o vapor de agua entra en contacto con dicha sustancia, se combina químicamente con ésta y se desprende como mezcla de agua y sustancia secante. Esta mezcla tiene que ser eliminada regularmente del absorbedor. Ello se puede realizar manual o automáticamente. Con el tiempo se consume la sustancia secante, y debe suplirse en intervalos regulares (2 a 4 veces al año). Al mismo tiempo, en el secador por absorción se separan vapores y partículas de aceite. No obstante, las cantidades de aceite, si son grandes, influyen en el funcionamiento del secador. Por esto conviene montar un filtro fino delante de éste.

Teniendo en cuenta la calidad clase 1,4,2 según ISO 8573 de aire requerido se debe seleccionar un equipo de secado que cumpla satisfactoriamente estos requisitos.

Se recomienda utilizar secadores por refrigeración en vez de secadores por absorción.

Se enumeran las principales ventajas para seleccionar el secador.

- Poco consumo energético.
- El aire caliente y saturado proveniente del compresor es enfriado entre 0 a 10 °C esto permite el retiro mecánico fácil del condensado y descargado para su tratamiento posterior.
- Lo que significa que el aire debe caer por debajo de esta temperatura de 10 °C para presentar condensación.



Figura 24. Secador por refrigeración Ingersoll Rand.

Fuente: <http://ingersollrandproducts.com/>

4.4.4. Selección de los filtros de separación de partículas y aceite

- Pre filtro: Para mejorar la eficiencia y prevenir mayor durabilidad del secador de instalar un filtro antes del mismo para separar partículas gruesas hasta un tamaño de 1,0 mm incluyendo agua líquida coalescente y lubricantes, también un máximo de remanente de aerosoles luego del filtrado de 0,5 ppm.
- Post filtro: Después de secador se instalará un filtro para separar y asegurar la calidad final del aire y cumplir con la exigencia de clase 1,4,2 de ISO 8573, este filtro tendrá una calidad final de 0,01 mm para las partículas y 0,01 ppm para el remanente de aerosoles.
- La capacidad volumétrica de estos filtros está determinada por las características técnicas del compresor y serán dimensionados por el proveedor de la unidad

completa que incluye el compresor secador y filtros, así como toda la instrumentación requerida, como filtro de ingreso al compresor, válvula de alivio, válvulas para mantenimiento, descargas automáticas de condensado, panel indicador de parámetros de operación y regulación.

- Indicadores de alarma para detección de fallas.



Figura 25. Filtros de separación de partículas y aceite Ingersoll Rand.
Fuente: <http://ingersollrandproducts.com/>

4.4.5. Dimensionamiento de la línea de distribución

El esquema básico para el equipamiento de muestra en el esquema siguiente para cumplir con la calidad clase 1,4,2 según ISO 8573.

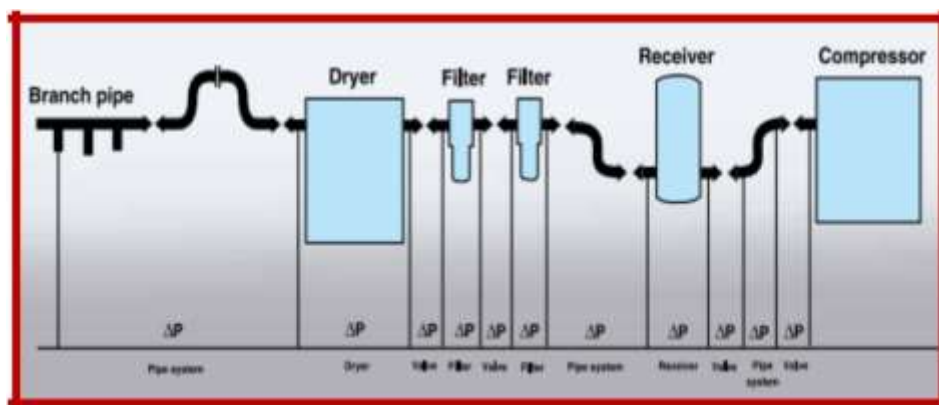


Figura 26. Esquema básico de equipamiento.
Fuente: Atlas copco, (2015)

Se toma como base reutilizar la línea de distribución existente y realizar el empalme al final de esta línea para extenderla a los nuevos puntos de consumo del taller de ensamblaje de camiones.

Se va a verificar en el cálculo de la línea si es conveniente reutilizar esta tubería, el criterio fundamental es que la caída de presión de la línea de distribución no sea mayor de 0,1 (bar) de presión y además del tema económico porque se ahorraría el tendido de una nueva línea.

Para el cálculo de la caída de presión se utilizará la formula recomendada por Atlas Copco:

Δp = Caída de presión [bar].

q_d = Caudal de diseño [l/s].

p_d = Presión de diseño [bar].

d_t = Diámetro interior de tubería.

l_t = Longitud equivalente de tubería.

$$\Delta p := 450 \frac{q_d^{1.85} \cdot l_t}{5 \cdot d_t^5 \cdot p_d} \dots\dots\dots(10)$$

Tabla 8.
Parámetros de diseño.

Parámetros de diseño		
Caudal de diseño	8,53	l/s
Presión de diseño	10,00	bar
Diámetro tubería	23,30	mm

Fuente: Propia, (2017)

Tabla 9.
Caída de presión en línea de distribución y accesorios.

Caída de presión en línea de distribución y accesorios					
Accesorios	Cantidad	Coefficiente de pérdida	Diámetro nominal	Longitud equivalente	Longitud equivalente parcial
	[u]		[Pulg]	[m]	[m]
Tuberías	1		3/4"	112	125
Valvula Check	1		3/4"	2	2
Valvula de bola	5		3/4"	0,3	1,5
Codo de 90 °	16		3/4"	0,4	6,4
Tee	8		3/4"	0,3	2,4
Tee	2		3/4"	1,5	3
Union universal	7		3/4"	0,25	1,75
Total					142,05

Fuente: Propia, (2017)

Tabla 10.*Caída de presión en componentes.*

Caída de presión en componetes			
Accesorios	Cantidad	Caída de presión	Comentarios
	[u]	[bar]	
Tanque Receptor	1	0,02	Segun catalogo fabricante
Filtro de aceite	1	0,08	Segun catalogo fabricante
Secador	1	0,09	Segun catalogo fabricante
Filtro de Polvo	1	0,08	Segun catalogo fabricante
Línea de tubería	1	0,05	Ver tabla inferior para el calculo
Filtro Final	1	0,08	Segun catalogo fabricante
Total		0,40	bar

Fuente: Atlas copco, (2015)

Como se puede observar en la tabla 10. La caída de presión de la línea es de 40 kPa (0,40 bar) se concluye que se la línea al final tendrá una presión de 960 kPa disponible para el uso los equipos.

Como también se observa en la tabla 10. Que la caída de presión en las tuberías es de 5 kPa (0,05bar) no superas el valor máximo recomendado de 10 kPa (0,10 bar) de pérdidas para que el consumo de energía sea aceptable, por lo tanto, se concluye que se debe reutilizar la línea existe de distribución de aire y realizar un empalme al final de la línea actual para extenderla hasta el nuevo taller de ensamble de chasis de camiones.

Las acometidas a los equipos tendrán estaciones de servicio para separación de partículas y regulación de la presión para servicio general y las líneas para herramientas neumáticas adicionalmente tendrán un filtro lubricador, la acometida será en un diámetro de $\varnothing 1/2"$ según recomendaciones de catálogo del fabricante para las maquina neumáticas y de $\varnothing 3/8"$ para otros servicios.







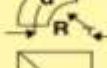




Se recomienda preferentemente las siguientes marcas reconocidas en el mercado, sus catálogos técnicos han sido la base para el presente cálculo, el orden mostrado no indica preferencia alguna.

- Sullair (Sistema de aire comprimido y filtros).

- Ingersoll Rand (Sistema de aire comprimido, filtros y herramientas neumáticas).
- Atlas Copco (Sistema de aire comprimido, filtros y herramientas neumáticas).
- Schulz (Sistema de aire comprimido y filtros).
- Kaeser (Sistema de aire comprimido y filtros).
- Graco (Herramientas neumáticas).
- Enerpal (Herramientas neumáticas).

Tabla 11.

Longitudes equivalentes de accesorios según Atlas Copco.

Equivalent length in meters											
Component		Inner pipe diameter in mm (d)									
		25	40	50	80	100	125	200	250	300	400
Ball valve (full flow)		0,3 5	0,5 8	0,6 10	1,0 16	1,3 20	1,6 25	1,9 30	2,6 40	3,2 50	3,9 60 5,2 80
Diaphragm valve fully open		1,5	2,5	3,0	4,5	6	8	10	-	-	-
Angle valve fully open		4	6	7	12	15	18	22	30	36	-
Poppet valve		7,5	12	15	24	30	38	45	60	-	-
Flap check valve		2,0	3,2	4,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24 32
Elbow R = 2d		0,3	0,5	0,6	1,0	1,2	1,5	1,8	2,4	3,0	3,6 4,8
Elbow R = d		0,4	0,6	0,8	1,3	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	4,8 6,4
90° angle		1,5	2,4	3,0	4,5	6,0	7,5	9	12	15	18 24
Tee through-flow		0,3	0,4	1,0	1,6	2,0	2,5	3	4	5	6 8
Tee side-flow		1,5	2,4	3,0	4,8	6,0	7,5	9	12	15	18 24
Reducing nipple		0,5	0,7	1,0	2,0	2,5	3,1	3,6	4,8	6,0	7,2 9,6

Fuente: Atlas copco, (2015)

Tabla 12.*Caída de presión típica en componentes según Atlas Copco.*

Description	Pressure drop bar
End user	6
Final filter	0.1–0.5
Pipe system	0.2
Dust filter	0.1–0.5
Dryer	0.1
Compressor regulation range	0.5
Compressor max. working pressure	7.0–7.8

Fuente: Atlas copco, (2015)

4.5. Memoria de cálculo extracción de gases

✓

Parámetros iniciales de diseño extracción de gases

Se parte con el diámetro de $\varnothing 6''$ para la tubería de succión, el cual asegura un adecuado empalme con los tubos de escape del Chasis de los camiones; además esta tubería será flexible (corrugada) para facilitar la maniobra de conexión con el tubo de escape también deberá ser resistente al calor.

La velocidad de transporte en el ducto será de (15 m/s) para asegurar que las partículas captadas no se sedimenten, asegurar una adecuada evacuación y evitar acumulaciones de partículas en el interior del ducto.

El ventilador de tiro deberá tener encapsulado sonoro para disminuir los ruidos durante su funcionamiento y deberá estar montado sobre absorbedores de vibración para evitar transmitir vibraciones.

4.5.1. Bases del Cálculo extracción de gases

✓

Parámetros de diseño

Densidad del aire: $\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$.

Velocidad de transporte en el ducto: $V_d = 15 \text{ m/s}$.

Diámetro interior del ducto: $D_d = 152 \text{ mm}$.

Caudal de aire en el ducto: $Q_d = \pi / 4 * D_d^2 * V_d = 16,322 \text{ m}^3/\text{min}$.

✓ **Calculo de la caída de presión**

✓ **Toma de gases**

Coeficiente de pérdida: $K_{ts} = 0,98$.

Coeficiente de fricción: $f_{tl} = 0,02$.

Longitud equivalente: $L_{ts} = K_{ts} / f_{tl} \cdot D = 7,448 \text{ m}$.

✓ **Tubería corrugada flexible**

Diámetro de tubería corrugada: $D_{tc} = 152 \text{ mm}$.

Longitud de tubería flexible: $L_{tc} = 6 \text{ m}$.

Coeficiente de fricción: $f_{tc} = 0,08$.

✓ **Caída de presión en codo de 90 ° tubería corrugadas**

Coeficiente de pérdida: $K_{tc} = 1,2$.

Longitud equivalente: $L_{cc} = K_{tc} / f_{tc} \cdot D_{tc} = 2,28 \text{ m}$.

✓ **Caída de presión en tubería lisa**

Longitud de tubería lisa: $L_{tl} = 4 \text{ m}$.

Diámetro de tubería corrugada: $D_{tl} = 152 \text{ mm}$.

✓ **Caída de presión en codo de 90 ° tubería lisa**

Coeficiente de pérdida: $K_{cl} = 0,60$.

Longitud equivalente: $L_{cl} = K_{cl} / f_{tl} \cdot D_{tl} = 4 \text{ m}$.

Longitud total de pérdida en tuberías corrugadas: $L_{ttc} = L_{tc} + L_{cc} = 8 \text{ m}$.

Caída de presión en tubería corrugadas: $\Delta p_{tc} = f_{tc} \cdot L_{ttc} / D_{tc} \cdot V \cdot d^2 / 2 \cdot g = 49 \text{ m}$.

Longitud total de pérdida en tubería lisa: $L_{ttl} = L_{tl} + L_{cl} + L_{ts} = 16 \text{ m}$.

Caída de presión en tubería lisa: $\Delta p_{tl} = f_{tl} \cdot L_{ttl} / D_{tl} \cdot V \cdot d^2 / 2 \cdot g = 24 \text{ m}$.

Longitud total de pérdida en tubería: $\Delta p_t = \Delta p_{tc} + \Delta p_{tl} = 74 \text{ m}$.

✓ **Determinación de la presión del ventilador**

Factor de diseño para la presión: $f_d = 1,2$.

Caída de presión requerida en la línea: $p_d = \Delta p_t \cdot \rho_a \cdot g \cdot f_d = 1047 \text{ Pa}$.

4.5.2. Calculo de potencia del motor

Eficiencia del ventilador: $\eta.v = 0,60$.

Potencia en el eje de ventilador: $N.e = q.d*p.d/\eta.v = 475 \text{ Watts}$.

Potencia del motor: $N.m = 600 \text{ Watts}$.

4.5.3. Datos del ventilador

Caudal de diseño: 16,5 m³/min.

Presión de diseño: 1050 Pa.

Potencia del motor: 600 Watts.

Tabla 13.
Rugosidad en ductos.

Material	Categoría	Rugosidad absoluta en mm
Acero al carbono sin recubrimiento	Liso	0.03
PVC		
Aluminio		
Acero galvanizado, costura longitudinal, juntas de 200 mm	Semi liso	0.09
Acero galvanizado, rolado, costura en espiral, juntas de 3600 mm		
Acero galvanizado, costura longitudinal, juntas de 760 mm	Medio	0.15
Acero galvanizado, espiral, corrugado, juntas de 3600 mm	Semi rugoso	0.9
Fibra de vidrio rígida		
Flexible, totalmente extendido		
Flexible metálico	Rugoso	3.0
Concreto		

Fuente: ASHRAE, (2009)

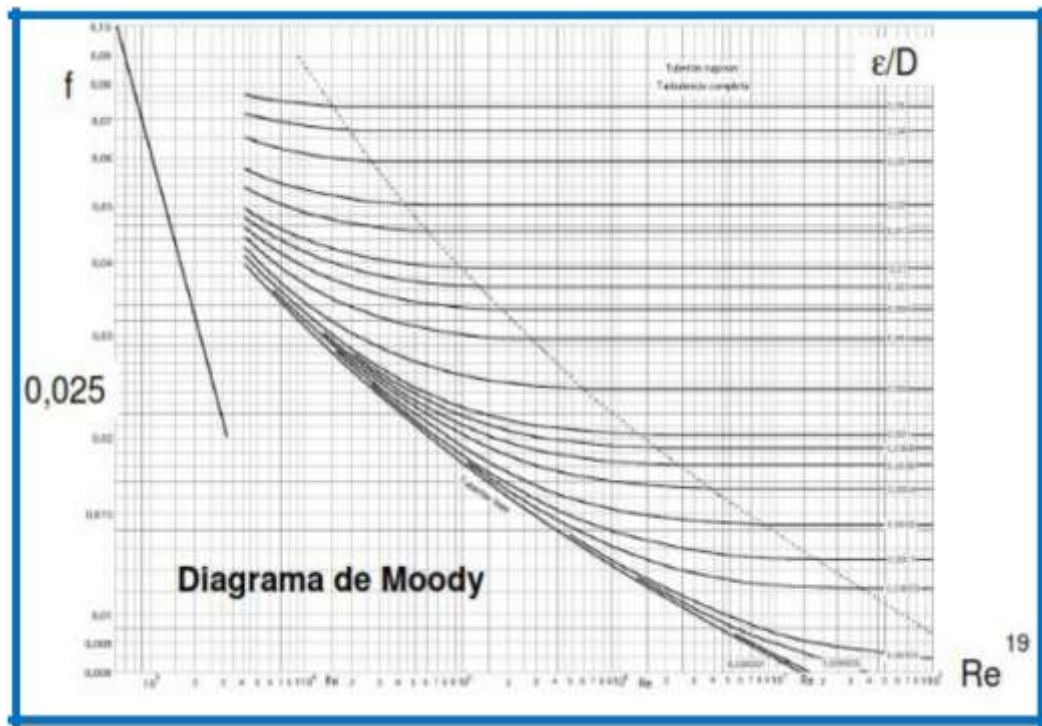


Figura 27. Diagrama coeficiente de pérdidas en tuberías.
Fuente: <http://diagrama de Moody>.

4.6. Alternativas de solución

Selección de las alternativas sobre el tipo de compresor, para seleccionar el tipo de compresor que más se adecue al nuevo taller de mantenimiento es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Tipo de compresor.
- Con lubricación o sin lubricación.
- Potencia del motor.

Existe una variedad de tipos de compresor y para tener un criterio de selección el tipo de compresor que se necesite se recurre a la siguiente figura:

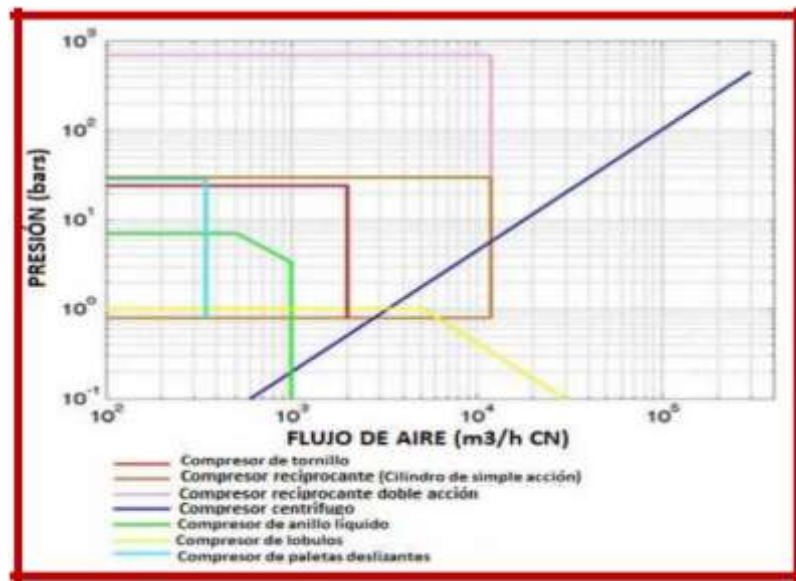


Figura 28. Selección de compresor.
Fuente: <http://Selección de compresor.com/>

✓

Alternativa 1: Compresor de pistón

En este tipo de compresores, el aire es aspirado al interior de un cilindro, por la acción de un pistón accionado por una biela y un cigüeñal. Ese mismo pistón, al realizar el movimiento contrario, comprime el aire en el interior del mencionado cilindro, liberándolo a la red o a la siguiente etapa, una vez alcanzada la presión requerida. Los compresores de pistón pueden ser lubricados o exentos de aceite.

En el caso de los compresores exentos, la cámara de aspiración y compresión queda aislada de cualquier contacto con el lubricante del compresor, trabajando en seco y evitando que el aire comprimido se contamine con los lubricantes del equipo.

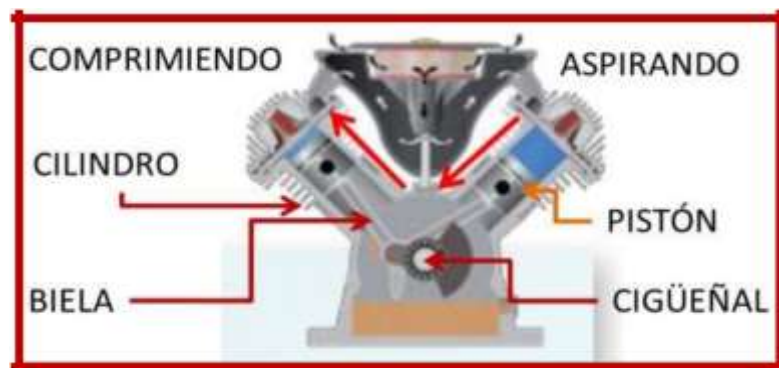


Figura 29. Esquema de un compresor de pistón con dos cilindros.
Fuente: <http://Esquema de un compresor de pistón/>



Alternativa 2: Compresor de tornillo

La tecnología de los compresores de tornillo se basa en el desplazamiento del aire, a través de las cámaras que se crean con el giro simultáneo y en sentido contrario, de dos tornillos, uno macho y otro hembra. El aire se llena en los espacios creados entre ambos tornillos, aumentando la presión según se va reduciendo el volumen en las citadas cámaras. El sentido del desplazamiento del aire es lineal, desde el lado de aspiración hasta el lado de presión, donde se encuentra la tobera de salida.

Este tipo de tecnología se fabrica en dos ejecuciones diferentes, compresores de tornillo lubricado y compresores de tornillo exento. La diferencia entre ambos estriba en el sistema de lubricación. En el compresor de tornillo lubricado, se inyecta aceite en los rotores para lubricar, sellar y refrigerar el conjunto rotor. Este tipo de compresor es el más habitual en la industria, debido a que en la mayoría de las aplicaciones, el residual de aceite que queda en la línea de aire comprimido no es un obstáculo para el proceso.



Figura 30. Esquema inferior de un conjunto rotor.
Fuente: <http://Esquema inferior de un conjunto rotor/>



Alternativa 3: Compresor de paletas

Otro diseño dentro de los compresores de desplazamiento positivo, es el de los equipos que usan un rotor de paletas. El sistema consiste en la instalación de un rotor de paletas flotantes en el interior de una carcasa, situándolo de forma excéntrica a la misma. Durante el giro del rotor, las paletas flotantes salen y entran desde su interior,

formando unas cámaras entre rotor y carcasa, que se llenan con el aire. Al estar situado el rotor en una posición excéntrica al eje central de la carcasa, las cámaras van creciendo en la zona de aspiración, llegando a producir una depresión que provoca la entrada del aire. Según se desplazan con el giro del rotor, las cámaras se van reduciendo hacia la zona de impulsión, comprimiendo el aire en el interior.

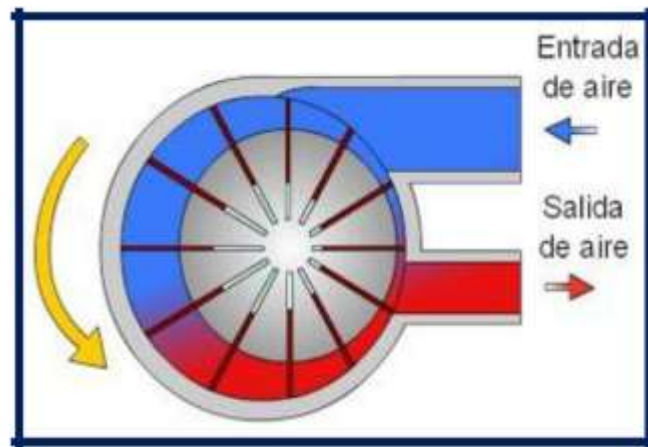


Figura 31. Esquema de un compresor rotativo de paletas.

Fuente: <http://Esquema de un compresor rotativo de paletas/>

4.6.1. Modificaciones de la red de aire comprimido en la sala de compresor

La red de aire comprimido actual del SENATI expuesto en este capítulo, nos permite detalladamente la situación en la que se encuentra de esta forma llegaremos a la conclusión de solucionar dicha red, con la finalidad de eliminar aquellos errores encontradas y proveer de esta forma, una red de aire que nos permita el normal y adecuado funcionamiento en el SENATI.

El recurso a seguir para tales modificaciones son las siguientes:

✓

Obtención de un compresor adicional

Es indispensable la compra de un nuevo compresor que proporcione el caudal de aire para el correcto funcionamiento de la red. De esta forma se concluye que se necesita un compresor de aproximadamente de $(0,512 \text{ Am}^3/\text{min})$.

Se cotizaron compresores de tornillo que trabajen a 1000 Kpa (10 bar) o (145 PSI) y suministraran un caudal requerido de (0,512 Am³/min), eligiéndose el compresor de aire INGERSOLL-RAND, de Tornillos Rotativos de 1 Etapa, Lubricado, con Secador y Filtros Integrado, modelo R7-5i-190 TAS (de 7,5 KW / 10 Hp) en base a sus características:

(Detalladas en Anexo 2) y su precio.

Debido a que la sala de compresor actual es muy pequeña como para situar en ella el nuevo compresor se rediseñara una nueva caseta para compresora.

✓ **Obtención de secador de aire**

La humedad que tiene el aire comprimido de la red es equivalente a la aproximación de 0,0017kg de vapor de agua/kg, es necesario considerar un secador de aire, debido a que el vapor de agua que el aire contiene llega a las maquinas convertido en agua, ocasionando daños a las mismas y pudiendo afectar las herramientas o equipos neumáticos usados en el taller de mantenimiento. Para determinar el secador adecuado para la red, se determinó la temperatura de punto de rocío del aire, igual a 5°C, el secador de aire debe tener una temperatura de punto de rocío inferior a esta para garantizar la condensación del vapor de agua.

Se cotizo secador de aire INGERSOLL-RAND que cumplirán con las características de caudal de aire y temperatura de punto de rocío, siendo elegido el secador refrigerado tipo cíclico.

✓ **Obtención accesorios de tratamiento de aire**

Los equipos neumáticos provenientes por el cliente Divemotor necesitan aire limpio y seco, por lo que se hace necesario la compra de filtros de mantenimiento para aquellos que no los poseen, se compraran además purgas manuales, así podremos eliminar el agua que se condense en ellos y así evitaremos daños en los equipos.



Obtención de tuberías

Todas las tuberías a utilizar serán de acero galvanizado, cedula 80, como las que se están utilizando en la actualidad, ya que son las recomendadas por las empresas neumáticas.

Como la mayoría de las tuberías de la red son de $\varnothing 3/4$ " STD son consideradas dentro de las adquisiciones ya que serán reutilizadas todas aquellas que se encuentren en buenas condiciones, al igual que los accesorios existentes a lo largo de las red.

Los diámetros serán calculados mediante ecuaciones de cálculos de tubería, a través de caudal de aire que circula por las tuberías y la velocidad máxima permitida de esta forma obtendremos la longitud de cada tubería que será necesitada para la red de aire comprimido.



Diseño de las nuevas redes

En cuanto al diseño de las nuevas redes de aire comprimido seco se contarán con los siguientes componentes:

- Compresor de aire.
- Secador de aire.
- Filtros de mantenimiento, reguladores y lubricadores.
- Purgas manuales.
- Distribución de red en forma de anillo. Solo en aquellos sectores del taller.
- Distribución abierta con pendiente de 3%.
- Toma de aire con forma de cuellos de cisne.

En la modificación de la red de aire comprimido actual, se trató de aprovechar al máximo la actual disposición que esta tiene, de modo de no realizar cambios drásticos ni recurrir a inversiones muy elevada.



Diseño red de aire comprimido de la sala de compresor

Teniendo en cuenta lo anterior, se instalara el nuevo compresor de aire con su secador de aire y filtros y se cambiara las tuberías de longitud de 5 metros que sale de compresor y empalma a la red existente, luego este se distribuye el aire a los talleres existentes y luego otro empalme hasta llegar al nuevo taller de mantenimiento para alimentar de aire a la misma.



Diseño de las derivaciones

Las derivaciones se deben hacer desde la parte superior de la tubería principal, ver figura 33. Para evitar que los condensados sean arrastrados y puedan llegar a la herramienta o equipo neumático; se debe incluir también una llave de purga en el extremo del tubo, para extraer los condensados que logren bajar por la derivación.

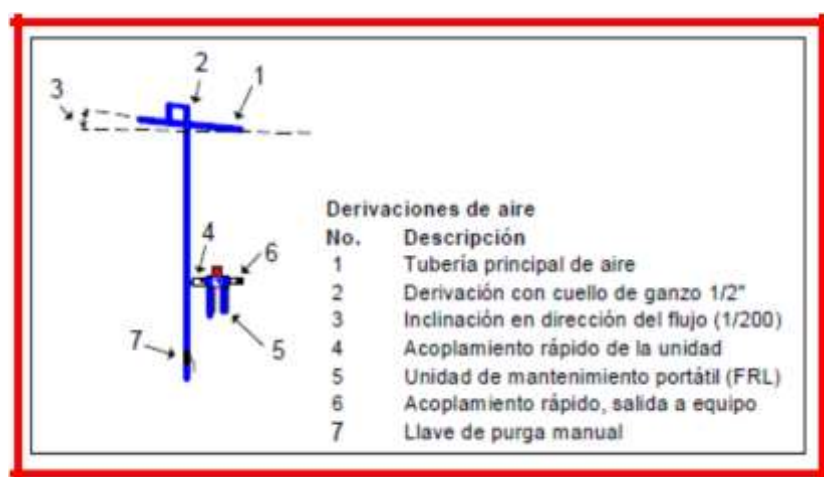


Figura 32. Derivaciones de aire adecuadas.
Fuente: <http://Derivaciones de aire adecuadas.com/>

Para poder conectar y desconectar fácilmente, tanto la herramienta como la unidad de mantenimiento, se utilizan acoplamientos rápidos, los cuales tienen un dispositivo que cierra automáticamente el paso del aire al desconectar el equipo.

La unidad de mantenimiento se debe conectar justo antes del acoplamiento rápido al cual se conecta el equipo o herramienta neumática, para así filtrar, regular la presión y lubricar el aire que el equipo demanda.

4.6.2. Diseño de un sistema de extracción de gases

La función del sistema de escape es llevar con seguridad el escape del motor hacia fuera del edificio y dispersar los gases, hollín y ruido lejos de la gente. El sistema de extracción de gases debe estar diseñado para minimizar la retro presión en el motor. La restricción excesiva resultara un consumo mayor de combustible, temperatura de sistema de escape anormalmente alta y fallas relacionadas a la alta temperatura de escape así como humo negro.

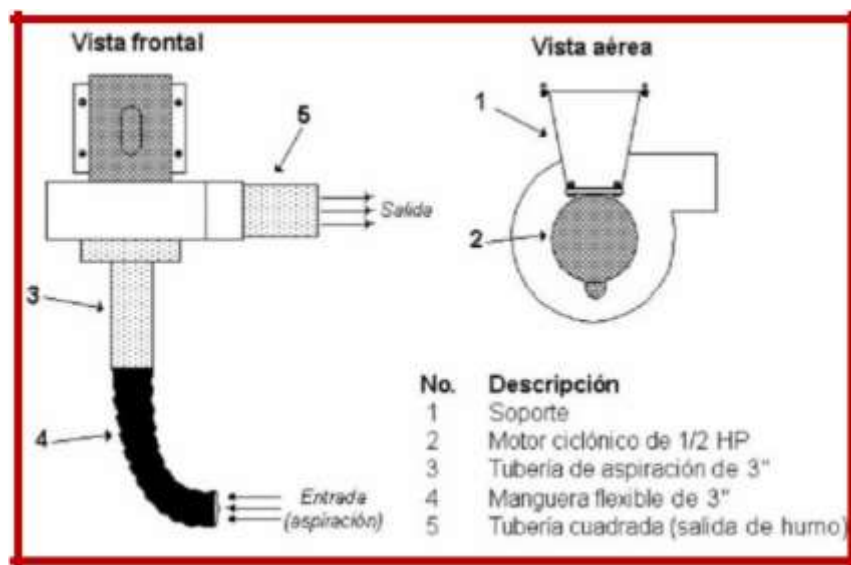


Figura 33. Diseño de un extractor de gases de escape de motor.
Fuente: <http://Diseño de un extractor de gases de escape de motor.com/>

Instalar extractores de gases de escape de motor, para conectárselo al tubo de escape de los vehículos, ya que en ocasiones se prueban dejándolos arrancados por largos periodos, generando así un ambiente de trabajo contaminado con gases dañinos para la salud de los trabajadores. El diseño de estos extractores; se instalan en las paredes y de manera estratégica para que brinden servicio.

Se recomienda instalar una para cada vehículo en el taller de mantenimiento, entonces quedará esta área establecida para probar los vehículos que requieren dejar el motor en marcha durante largos periodos.

4.7. Recursos requeridos

4.7.1. Plan de implementación

Un proyecto debe ser planeado en su debido tiempo, con la objetividad de ser implementado en corto plazo y no dejar pasar por alto cualquier detalle fundamental para que trabaje correctamente, es por ello que se muestra un plan de implementación de diseño y modificación de la red de distribución de aire comprimido seco y el plan de extracción de gases de los camiones de SENATI.

El presente documento tiene como objetivo describir todos los equipos requeridos para implementar la nueva línea de comprimido seco y la captura de los gases de combustión de los motores de los camiones.

Los equipos seleccionados para la línea de aire comprimido seco están apoyados en la norma técnica ISO 8573 – 2010 para calidad del aire clase 1,4,2 requerido para la aplicación en el taller de mantenimiento además también se sustentan en la Solución del problema realizadas para determinar el caudal y la presión de la línea de aire además de las recomendaciones de fabricantes reconocidos en el rubro.

El equipamiento para la captura de gases de combustión de los motores de los camiones está sustentado en la Solución del problema y experiencia en los talleres de Divemotor.

4.7.2. Descripción del equipamiento

✓

Línea de aire comprimido seco

Se ha determinado que se instalara en la sala de compresora un equipo compacto consistente en:

- Compresor de tornillo de 0,512 Am³/min y presión de 1000 kPa.
- Tanque pulmón de 0,5 m³.
- Pre filtro de limpieza antes del secador para separar partículas hasta 1 mm y aceite hasta 0,5 ppm.

- Secador refrigerado de aire con drenaje automático para la capacidad del compresor.
- Post filtro de limpieza después del secador para separar partículas hasta 0.01 mm y aceite hasta 0,01 ppm.

Todos estos equipos estarán montados sobre el tanque pulmón de 0,5 m³ y las especificaciones técnicas están descritas en los documentos (Anexo 1):

- Condiciones de sito (ANEXO 1a).
- Hojas de datos (ANEXO 1b).
- Líneas de servicios de aire comprimido (ANEXO 1c).
- Hojas de datos del ventilador de tiro (ANEXO 1d).
- Lista de consumidores de equipos (ANEXO 1e).

También se ha especificado el nivel de ruido no debe superar los (70 dBA) a 1,0 m del equipo para lo cual se deberá encapsular en equipo de ser necesario. También se ha verificado que la red de distribución de aire comprimido actual consistente en tubería de $\varnothing 3/4"$ es suficiente porque la caída de presión para el nuevo caudal de la línea es de 5 kPa no supera al valor recomendado máximo de (10 kPa) además estará sometida a la misma presión de trabajo actual. Para llegar al taller de armado de chasis de camiones se extenderá la línea para tener una acometida por la parte superior y bajar es las estaciones de servicio previstas tanto para los camiones como para el almacén de piezas y repuestos. También esta línea mantendrá los puntos de servicio ya instalado, pero con mayores beneficios porque se dispondrá de aire comprimido seco, pero se recomienda anular la interconexión con la otra compresora que se usa en caso de emergencia porque esta línea puede contaminar con humedad y suciedad.

La acometida de la tubería para la conexión de los equipos neumáticos a ser usados en el taller terminará en una válvula de bola de $\varnothing 1/2"$ y seguido se instalará la

estación de servicio consistente en el filtro regulador y filtro lubricador esta estación deberá ser suministrado por el proveedor del equipo neumático; las acometidas de suministro de grasas o aceites será de $\varnothing 3/8"$ consistente de un filtro regulador esta misma acometida se usará para el almacén de repuestos.



Línea de extracción de gases de combustión de los motores de los camiones

Consistirá de una manguera flexible de $\varnothing 6"$ de diámetro para la succión directa de la tubería de escape de los camiones y se está dimensionando para una velocidad de captura de gases de (5 m/s) y una velocidad de transporte de (15 m/s), en la captura de gases se realizará la mezcla con aire frío para bajar la temperatura de los gases proveniente de la combustión.

El ventilador centrífugo descargará el aire a la atmósfera mediante una chimenea que estará sobre el nivel del techo del taller.

Los parámetros de diseño del ventilador son:

- Caudal: $16,5 \text{ m}^3/\text{min}$.
- Presión total: 1050 Pa.
- Eficiencia: 60 %.
- Temperatura máxima de los gases: $400 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Potencia instalada: 600 W.
- Nivel máximo de ruido: 70 dBA a 1 m del equipo.

Para asegurar el nivel de ruido del ventilador, este estará encapsulado y estará conectado a la línea de succión y descarga con uniones flexibles para evitar la transmisión de vibración a la estructura. Se ha previsto instalar tres líneas independientes una para cada camión para dar la flexibilidad e independencia de cada línea de trabajo además para mayor disponibilidad en caso de mantenimiento del ventilador o cambio de mangueras de succión.

4.7.3. Plan de calidad



Roles y Responsabilidades

(Roles y responsabilidades relacionados a los procesos y procedimientos de plan de calidad)



Jefe de Proyecto

- Diseñar e implementar los lineamientos de calidad propia del proyecto añadiendo atributos que garanticen el éxito del proyecto.
- Fomentar el compromiso del equipo para el cumplimiento de los estándares de calidad.
- Asignar las responsabilidades y roles del equipo de plan de Calidad del proyecto.
- Aprobar los Procedimientos de Calidad y Listas de Verificación definidos para los procesos de ejecución y gestión del proyecto.



Líder Aseguramiento de la Calidad

- Definir los Procedimientos para el Aseguramiento de Calidad para los procesos de ejecución y gestión del Proyecto.
- Definir las Listas de Verificación de Calidad que se utilizarán para los procesos de ejecución y gestión del Proyecto.
- Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los equipos e instalaciones señaladas en las bases de adquisición de equipos y servicios.
- Verifica la funcionalidad de los materiales y equipos y su operatividad al ingresar al SENATI.
- Emitir informes de las instalaciones y operatividad de los equipos instalados en EL SENATI durante el proyecto.



Auditor de Calidad Técnica y de Gestión

- Comunicar y clasificar los requerimientos de la auditoria.
- Planificar y conducir en forma efectiva y eficiente las responsabilidades asignadas.

- Documentar las observaciones.
 - Reportar los resultados de las auditorias.
 - Verificar la efectividad de las acciones correctivas.
 - Conservar y Salvaguardar los documentos generados por la auditoria.
- ✓ **Líder Control de Calidad**
- Utilizar y registrar correctamente las Listas de Verificación de Calidad definidas para las auditorias que se realizarán.
 - Emitir informes de resultados de las auditorias de control de calidad realizadas.
 - Verificar que se hayan levantado correctamente las observaciones realizadas.
- ✓ **Asegurador Control de Calidad Técnica y de Gestión**
- Verificar el cumplimiento de los requisitos definidos para cada uno de los entregables del producto y de gestión.
 - Emitir informes sobre los resultados de las verificaciones de los entregables.
 - Verificar que las observaciones se hayan subsanado para cumplir con los requisitos de calidad de los entregables.
- ✓ **Líder Mejora de Procesos**
- Verifica que los procesos desarrollados en el proyecto estén alineados con los objetivos del proyecto.
 - Registrar los imprevistos y eventos adversos generados.
 - Emitir informes de eventos y ocurrencias cada semana sobre el avance del proyecto.
 - Emitir circulares y memos aprobados por el jefe de proyectos que indiquen los cambios en la entrega de documentos o asignación de funciones o roles.
 - Responsable del entrenamiento de nuevos procesos de gestión del proyecto.
- ✓ **Procedimientos**
- (Procedimientos que se aplican a los procesos para realizar el plan de calidad)
- Procedimiento de plan de Calidad para la Instalación de Tuberías.

- Procedimiento de plan de Calidad para la Instalación de Aire Comprimido Seco y Extracción De Gases.
- Procedimiento de plan de Calidad de Instalación de Tablero Eléctrico de Distribución.
- Procedimiento de plan de Calidad de Automatización Aire Comprimido Seco y Extracción De Gases.
- Procedimiento de plan de Calidad de Pruebas y Certificaciones.
- Procedimiento de plan de Calidad de Capacitaciones.
- Procedimiento de plan de Calidad del Proyecto.

✓ **Procesos**

(Procesos de desarrollo de producto a los cuales se aplica un proceso de plan de calidad)

- Acondicionamiento y Tendido de Tuberías.
- Instalación de Aire Comprimido Seco y Extracción De Gases.
- Instalación de Tablero Eléctrico General de Distribución.
- Instalación de Tuberías existente y nuevos.
- Automatización de Aire Comprimido Seco y Extracción De Gases.
- Pruebas y Certificaciones.
- Capacitaciones.
- Gestión del Proyecto.

✓ **Recursos Humanos y materiales para ejecutar los procedimientos**

(Recursos necesarios para desarrollar el plan de la calidad)

- Auditor de Calidad Técnica, Verificador de Calidad Técnica, Líder de Aseguramiento de Calidad, Líder de Control de Calidad, Líder de Mejora Continua.
- Líder de Control de Calidad, Líder de Mejora Continua.
- Auditor de Calidad de Gestión, Verificador de Calidad de Gestión, Líder de Aseguramiento de Calidad, Líder de Mejora Continua, Jefe de Proyecto.



Control de calidad

¿Cómo se hará el Control de Calidad?

- El control de Calidad se ejecutara revisando los entregables para ver si están conformes o no.
- Los resultados de estas mediciones se consolidaran y se enviaron al proceso de aseguramiento de calidad.
- Asimismo en este proceso se hará la medición de las métricas y se informaran al proceso de aseguramiento de calidad.
- Los entregables que han sido reprocesados se volverán a revisar para verificar si ya se han vuelto conformes.
- Para los defectos detectados se tratara de detectar las causas raíces de los defectos para eliminar las fuentes del error, los resultados y conclusiones se formalizaran como solicitudes de cambio y/o acciones correctivas/preventivas.



Aseguramiento de la calidad

¿Cómo se hará el Aseguramiento de la Calidad?

- El aseguramiento de calidad se hará monitoreando continuamente la performance del trabajo, los resultados de control de calidad, y sobre todo las métricas.
- De esta manera se descubrirá tempranamente cualquier necesidad de auditoria de procesos, o de mejora de procesos.
- Los resultados se formalizaran como solicitudes de cambio y/o acciones correctivas/preventivas.
- Asimismo se verificaran que dichas solicitudes de cambio y/o acciones correctivas/preventivas se hayan ejecutado y hayan sido efectivos.

4.7.4. Plan de seguridad

El presente Plan tiene los siguientes Objetivos:

- Establecer mecanismos de prevención destinados a reducir los efectos que puedan producir situaciones de emergencia.
- Organizar y Coordinar acciones que deben llevarse a cabo para superar situaciones de emergencia.
- Programar acciones formativas y simulacros.
- Disponer de un procedimiento de actualización permanente del Plan.

✓

Teléfonos en caso de emergencia

- | | | |
|---|--------------------|----------|
| ➤ | Cuerpo de Bomberos | 116 |
| ➤ | Policía Nacional | 475-2995 |
| ➤ | Defensa Civil | 115 |
| ➤ | Serenazgo de Lima | 274-0036 |

✓

Accesos y Distribución de Ambientes

Se accede a sus instalaciones desde Av. Alfredo Mendiola 3540 (Alt. Carretera panamericana norte Km. 15.2). Sus instalaciones cuentan con una entrada principal con puertas de reja y vidrios, que dan acceso directo a un Hall de Distribución Principal y una Sala de Espera de 04 y 06 m2 respectivamente. En estos ambientes se puede observar la implementación de muebles confortables y mesitas de espera.

✓

Alcances y aplicación del plan

El presente plan será de conocimiento, aplicación y responsabilidad de todo el personal de EL SENATI con la finalidad de estar preparados para una respuesta oportuna y adecuada.

✓

Funciones, responsabilidades y organización de la brigada de autoprotección

✓

Acciones de Primeros Auxilios

- Prestar los primeros auxilios a las personas que resultaran afectadas.
- Coordinar con los Centros de Salud más cercanos.

- Velar por el permanente aprovisionamiento de medicinas e insumos necesarios para el Botiquín.

✓ **Acciones de Seguridad y Evacuación**

- En caso se produzca un incendio dirigirá a los clientes hacia lugares establecidos como zona de seguridad externa.
- Coordinar el apoyo externo de la Policía Nacional y el Cuerpo de Bomberos.
- Velar permanentemente por que las vías de acceso hacia la salida y la zona de seguridad externa se encuentre permanentemente libre de obstáculos.

✓ **Acciones de Lucha contra Incendios**

- Manipular los extintores contra incendios y controlar el fuego en sus inicios.
- Constituirse en elementos auxiliares del Cuerpo de Bomberos en cuanto estos toman el control de la lucha contra el fuego
- Revisar periódicamente los elementos de combate contra incendios teniendo mucho cuidado con las fechas de renovación de las cargas de los extintores.

✓ **Plan de evacuación**

En caso de emergencia el Encargado de la Seguridad dispondrá el inmediato desalojo de las instalaciones, en tal sentido con apoyo del personal conducirá al personal y eventuales clientes hacia la zona de seguridad externa previamente establecida.

✓ **Instrucciones de coordinación para el accionar de respuesta de la brigada de autoprotección**

✓ **En caso de requerirse Acciones de Primeros Auxilios**

- Al darse la señal de alarma, el personal designado se constituirá al punto de coordinación externo, portando el Botiquín de Primeros Auxilios y el equipo necesario para su intervención.
- De existir heridos les proporcionarán los primeros auxilios y se dispondrá en caso sea necesario las coordinaciones inmediatas para su evacuación a las instituciones de salud más cercanas.

- Controlará y supervisará la salida del personal herido hacia nosocomios cercanos.
- ✓ **En caso de requerirse Acciones de Seguridad y Evacuación**
 - Al darse la señal de alarma el personal designado dispondrá la evacuación inmediata de las instalaciones, dirigiendo a los clientes eventuales hacia las zonas de seguridad externa.
 - En el camino dispondrán el apagado inmediato de los servicios de energía eléctrica y/o cualquier equipo encendido.
 - Ya ubicados en la zona de seguridad externa se dispondrá el recuento de todo el personal y clientes eventuales, con la finalidad de verificar que no haya quedado atrapado alguna persona dentro de las instalaciones
 - En caso sea necesario dispondrá la coordinación para el apoyo externo de la Policía Nacional y el Cuerpo de Bomberos.
- ✓ **En caso de requerirse Acciones de Lucha contra Incendios**
 - Al darse la señal de alarma el personal designado dispondrá la utilización inmediata de los extintores más cercanos a la zona del incendio.
 - En el camino coordinarán el apagado inmediato de los servicios de luz, gas, cocinas y/o cualquier equipo encendido.
 - Ya ubicados en la zona de incendio tratarán de sofocar el conato de incendio; si este ya es de envergadura, se dispondrá la evacuación inmediata de todo el personal.
- ✓ **Comando y comunicaciones**

El Comando de las Operaciones dentro de las instalaciones EL SENATI estará bajo responsabilidad del Encargado de Seguridad o quien haga sus veces.

4.7.5. Puesta en marcha

En esta sección se pretende analizar y planificar la puesta en marcha del sistema de aire comprimido y extracción de gases, como continuación lógica a las secciones anteriores que englobaban el diseño del sistema de aire comprimido y extracción de gases y las actividades y documentación necesarias para la instalación del mismo. Es remarcable la importancia que cobra esta actividad de puesta en marcha en los proyectos de ingeniería habitualmente, pero con más peso si cabe en los que son de tipo llave en mano. Esta importancia le viene dada por ser habitual que una puesta en marcha exitosa (que precede inmediatamente a la entrega de la instalación y su aceptación por el cliente) marque un hito en la planificación de pagos del proyecto, siendo generalmente el último hito y cerrando, al menos económicamente, el proyecto. Previamente a la descripción de actividades que se realizará durante la puesta en marcha y su planificación temporal cabe destacar que la puesta en marcha de los equipos propiamente dicha (su primer arranque estando la instalación completada), es el elemento más sencillo de toda la puesta en marcha. Principalmente consiste en comprobar que, además de arrancar, todo funciona correctamente, por lo que la mayoría de tareas son comprobaciones, siendo las comunicaciones una de las áreas que más quebraderos de cabeza supone durante la puesta en marcha. Como es habitual tratándose de tareas de comprobación, surgirán durante las mismas varias imprevistas que requerirán de tiempo extra para ser solventados. Es por ello que la planificación se hace de manera generosa, otorgando menos tareas a cada día de las que, en caso de funcionar todo al primer intento, podrían llevarse a cabo. Esta es la planificación de tareas que se han previsto para realizar la puesta en marcha.

- ✓ **Plan de actividades para la puesta en marcha**
- ✓ **Día 1: Inspección y Verificación Visual del Equipo**
 - Inspeccione el posicionamiento de los equipos.
 - Inspeccionar la condición ambiental.

- Inspeccionar el diseño / conexiones de la tubería.
- Inspeccionar la ubicación de la válvula de drenaje.
- Inspeccionar la ubicación de la válvula de aislamiento.
- Inspeccionar el suministro eléctrico.
- Inspeccionar cables.
- Comprobar el tamaño del disyuntor de sobrecarga.
- Compruebe la comprobación visual de todos los equipos y accesorios (internos y externos).
- Comprobar el nivel de líquido refrigerante.
- Retire los pernos de transporte.
- Compruebe la estanqueidad del cableado interno.
- Comprobar el nivel del desecante para el secador.
- Completar todos los controles pre-comisión.
- Instale el transductor de presión.

✓

Día 2: Puesta en marcha del compresor

- Inicio de compresor y ventilador de tiro.
- Conecte la fuente de alimentación.
- Comprobar el aislamiento del motor.
- Encienda la alimentación del compresor y ventilador de tiro.
- Comprobar si hay desequilibrio de energía.
- Comprobar la rotación del motor.
- Comenzar el compresor y ventilador de tiro.
- Observe la presión del sumidero.
- Comprobar la válvula de entrada / válvula de purga / solenoide de carga durante la carga / descarga.
- Acumule presión en el receptor hasta 8 bar.
- Apague el compresor y ventilador de tiro.

- Conecte la fuente de alimentación.
 - Compruebe el aislamiento del motor.
 - Encienda la alimentación del compresor y ventilador de tiro.
 - Comprobar si hay desequilibrio de energía.
 - Comprobar la rotación del motor.
 - Comenzar el compresor y ventilador de tiro.
 - Observe la presión del sumidero.
 - Comprobar la válvula de entrada / válvula de purga / solenoide de carga durante la carga / descarga.
 - Acumule presión en el receptor hasta 8 bar.
 - Apague el compresor y ventilador de tiro.
- ✓ **Día 3: puesta en marcha**
- Conecte la fuente de alimentación al tintorero desecante.
 - Encienda el poder.
 - Dejar encendido durante 30 minutos.
 - Encienda el compresor y ventilador de tiro.
 - Dejar pasar el aire caliente a través de la secadora.
 - Comience a conectar el compresor y ventilador de tiro.
 - Comenzar la programación de Comisión con ajuste de presión real requerido en la planta.
- ✓ **Día 4: Comunicaciones**
- Ejecutar el compresor y ventilador de tiro.
 - Comprobar todas las funcionalidades basadas en la configuración de la presión mediante la válvula de descarga.
 - Ejecutar el sistema durante al menos 4 horas antes de conectarse con el DB para DCS.
 - Apague el compresor y ventilador de tiro.

- Conexión completa de DCS.
 - Poner en servicio el sistema completo.
 - Ejecutar el sistema y el monitor desde DCS.
 - Crear manualmente condiciones de alarma.
 - Comprobar si se reflejan adecuadamente en el DCS.
 - Complete los trámites para la puesta en marcha.
- ✓
- Especificaciones técnicas de materiales y equipos de aire comprimido y extracción de gases**
- ✓
- Línea de servicio aire comprimido seco**

Tabla 14.
Descripción de clasificación.

<u>DESCRIPCION DE CLASIFICACION</u>		
Clase	Descripción	Servicio típico
CSA	Acero al carbón, ø2" y diámetros mayores cedula 40 soldable ø1 1/2" y diámetros menores cedula 80 roscada.	Aire de planta, Aire seco, Aire seco lubricado.
CSR	Manguera de fibra de vidrio recubierta de silicona con espiral de acero.	Aspiración de aire caliente +250 °C.

Fuente: Propia, 2017

Tabla 15.
Simbología de línea y servicio.

<u>SIMBOLO DE LINEA Y SERVICIO</u>		
Servicio	Símbolo	Clase
Aire seco.	AS	CSA
Aire seco lubricado.	AL	CSA/
Aire de ventilación.	AV	CSA/CSR

Fuente: Propia, 2017

Tabla 16.*Clasificación de la línea y servicio.*

CLASE/ESPECIFICACION		CSA
Presión de diseño		150 PSIG
Temperatura de diseño		65 °C
Componente	Descripción	Especificación técnica
Tubería		
De $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " a diámetros menores.	Acero al carbono sin costura, Cedula 80, extremos roscados y coples.	ASTM A-53 Grado B
De $\varnothing 2$ " a $\varnothing 12$ "	Acero al carbono sin costura, Cedula 40, extremos biselados.	ASTM A-53 Grado B
De $\varnothing 14$ " a diámetros mayores	Acero al carbono sin costura, Cedula 20, extremos biselados.	ASTM A-53 Grado B
Accesorios		
De $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " a diámetros menores.	Hierro maleable, roscadas, 300 lbs	ASTM A-97
De $\varnothing 2$ " a $\varnothing 12$ "	Acero al carbón, cédula 40, extremos biselados, sin costura, soldable.	ASTM A-324 Grado WP
De $\varnothing 14$ " a diámetros mayores	Acero al carbón, cédula 20, extremos biselados, sin costura, soldable.	ASTM A-324 Grado WP
Uniones roscadas		
De $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " a diámetros menores.	Hierro maleable, 300 lbs	ASTM A-197
Uniones bridadas		
De $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " a diámetros menores.	Acero forjado, rocada, cara realzada.	ASTM A-105-1
De $\varnothing 2$ " a $\varnothing 6$ "	Acero forjado, cuello soldable, cara realzada deslizable.	ASTM A-105-1
De $\varnothing 8$ " a diámetros mayores.	Acero forjado, cuello soldable, cara realzada.	ASTM A-105-1
Uniones atornilladas		
Pernos hexagonales.	Acero al carbono	ASTM A-307 Grado B
Tuercas hexagonales.	Acero al carbono	ASTM A-307 Grado B
Empaque.	1/8", Buna-N, tipo anillo	ASTM D-2000
Válvula de bola		
De $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " a diámetros menores.	Cuerpo e interiores de bronce, roscadas.	BA-01
De $\varnothing 2$ " a diámetros mayores.	Cuerpo e interiores de bronce, roscadas.	BA-02

Válvula de mariposa		
De ø3" a diámetros mayores.	Cuerpo de hierro, a montarse entre bridas	BU-01
Válvula de retención		
De ø1½" a diámetros menores.	Tipo columpio roscada, cuerpo e interiores de bronce, tapa atornillada	CK-01
De ø2" a ø3"	Cuerpo de hierro, interiores de bronce, bridada	CK-02
De ø4" a diámetros mayores.	Cuerpo de acero al carbono, para montarse entre bridas, cara realzada	CK-03
Válvula de globo		
De ø1½" a diámetros menores.	Cuerpo e interiores de bronce, roscadas.	GL-01
De ø2" a diámetros mayores.	Cuerpo de hierro e interiores de bronce, bridadas.	GL-02
Válvula de compuerta		
De ø1½" a diámetros menores.	Cuerpo e interiores de bronce, roscadas.	GA-01
De ø2" a diámetros mayores.	Cuerpo de hierro e interiores de bronce, bridadas.	GA-02
CLASE/ESPECIFICACION		
Presión de diseño	1,2 mH₂O Vacío de columna de Agua	
Temperatura de diseño	250 °C	
Componente	Descripción	Especificación técnica
Tubería		
De ø6" a diámetros menores.	Manguera de fibra de vidrio recubierta de silicona con espiral de acero.	Según fabricante.

Fuente: Propia, 2017

Tabla 17.

Compresor de tornillo especificaciones técnicas del fabricante Ingersoll Rand.

Technical drawing of the Ingersoll Rand screw compressor showing dimensions: An (width), Al (height), and L (length).

Dimensiones y pesos

Unidades de 50 & 60 Hz sobre bancada y sobre depósito

Total Air
System
(TAS)

Non-TAS

	Longitud		Anchura		Altura		Peso		Peso	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	libras	kg	libras	kg
Sobre bancada	41	1042	28.9	734	36	914	725	330	650	295
Depósito de 272 litros	51.6	1311	28.9	734	60.7	1541	1,000	455	925	420
Depósito de 500 litros	81	2059	28.9	734	60.7	1541	1,080	490	1,000	454

50 Hz Total Air System (TAS)

Modelo no	kW	Presión de descarga		Capacidad*		
		Compresor bar g	Grupo bar g	m³/min	CFM	dB(A)†
UPS-4TAS-8	4	8	7.6	0.55	19.5	65+3
UPS-4TAS-10	4	10	9.7	0.45	16	65+3
UPS-5TAS-8	5.5	8	7.38	0.62	29	65+3
UPS-5TAS-10	5.5	10	9.55	0.74	26	65+3
UPS-5TAS-14	5.5	14.5	14.2	0.48	17	65+3
UPS-7TAS-8	7.5	8	7.59	1.08	38	68+3
UPS-7TAS-10	7.5	10	9.66	0.96	34	68+3
UPS-7TAS-14	7.5	14.5	14.3	0.68	24	68+3
UPS-11cTAS-8	11	8	7.4	1.60	56.5	69+3
UPS-11cTAS-10	11	10	9.6	1.42	50	69+3
UPS-11cTAS-14	11	14.5	14.2	1.08	38	69+3

50 Hz — Non-TAS

Modelo no	kW	Presión de descarga		Capacidad*		
		bar g	m³/min	CFM	dB(A)†	
UPS-4-8	4	8	0.55	19.5	65+3	
UPS-4-10	4	10	0.45	16	65+3	
UPS-5-8	5.5	8	0.62	29	65+3	
UPS-5-10	5.5	10	0.74	26	65+3	
UPS-5-14	5.5	14.5	0.48	17	65+3	
UPS-7-8	7.5	8	1.08	38	68+3	
UPS-7-10	7.5	10	0.96	34	68+3	
UPS-7-14	7.5	14.5	0.68	24	68+3	
UPS-11c-8	11	8	1.60	56.5	69+3	
UPS-11c-10	11	10	1.42	50	69+3	
UPS-11c-14	11	14.5	1.08	38	69+3	

*Prestaciones de acuerdo con la norma ISO 1217 1996, Anexo C.

† Niveles de ruido según ISO 2151 2004, anexo C.

Fuente: <http://ingersollrandproducts.com/>

Tabla 18.

Compresor de tornillo especificaciones técnicas del fabricante Sullair.

Frecuencia del motor de 60 Hz			Capacidades de rendimiento con carga completa ***								Tamaño del secador	Tamaño del filtro
Modelo*	CV	Motor kW	125 psig acfm	9 bares m³/min	150 psig acfm	10 bares m³/min	175 psig acfm	12 bares m³/min				
ST410	5	3.75	-	-	17	0.48	-	-	RH-35	FXF-25		
ST510	7.5	5	-	-	27	0.76	-	-	RH-35	FXF-45		
ST709	10	7.5	36	1.06	-	-	-	-	RH-35	FXF-45		
ST712	10	7.5	-	-	-	-	31	0.89	RH-35	FXF-45		
ST1109	15	11	64	1.8	-	-	-	-	RH-75	FXF-65		
ST1112	15	11	-	-	-	-	47	1.26	RH-50	FXF-45		
ST1509	20	15	80	2.2	-	-	-	-	RH-100	FXF-130		
ST1512	20	15	-	-	-	-	64	1.8	RH-75	FXF-65		

Frecuencia del motor de 50 Hz			Capacidades de rendimiento con carga completa ***								Tamaño del secador	Tamaño del filtro
Modelo*	CV	Motor kW	116 psig acfm	8 bares m³/min	145 psig acfm	10 bares m³/min	188 psig acfm	13 bares m³/min				
ST410	5	3.75	-	-	17.6	0.50	-	-	RH-35	FXF-25		
ST510	7.5	5	-	-	26.5	0.75	-	-	RH-35	FXF-45		
ST708	10	7.5	38	1.07	-	-	-	-	RH-35	FXF-45		
ST713	10	10	-	-	-	-	30	0.85	RH-35	FXF-45		
ST1108	15	11	63.6	1.8	-	-	-	-	RH-75	FXF-65		
ST1113	15	11	-	-	-	-	42.9	1.21	RH-50	FXF-45		
ST1508	20	15	80.6	2.28	-	-	-	-	RH-100	FXF-130		
ST1513	20	15	-	-	-	-	60	1.7	RH-75	FXF-65		

*** Capacidad según la norma CAGI/PNEUROP PN2CPTC2 (Anexo C a ISO 1217)

Dimensiones y pesos:											
Modelos		Conexión del cliente	Longitud		Anchura		Altura		Peso		Calificación dBA*
			pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	lb	kg	
ST400											
Cerrado		3/4" NPT	32.5	825.5	21.5	546.1	37	939.8	524	237.7	66
Montaje de depósito cerrado (R)		1-1/4" NPT	64	1 625.6	23	584.2	63	1 600.2	854	387.4	66
Montaje de depósito cerrado con secador/filtro (RD)		1/2" NPT	69	1 752.6	23	584.2	63	1 600.2	935	424.1	66
ST500											
Cerrado		3/4" NPT	32.5	825.5	21.5	546.1	37	939.8	546	247.7	67
Montaje de depósito cerrado (R)		1-1/4" NPT	64	1 625.6	23	584.2	63	1 600.2	876	397.3	67
Montaje de depósito cerrado con secador/filtro (RD)		1/2" NPT	69	1 752.6	23	584.2	63	1 600.2	955	433.2	67
ST700											
Cerrado		3/4" NPT	32.5	825.5	21.5	546.1	37	939.8	567	255.8	68
Montaje de depósito cerrado (R)		1-1/4" NPT	64	1 625.6	23	584.2	63	1 600.2	897	406.9	68
Montaje de depósito cerrado con secador/filtro (RD)		1/2" NPT	69	1 752.6	23	584.2	63	1 600.2	981	444.0	68
ST1100											
Cerrado		1" NPT	39.3	998.2	24.3	617.2	40.7	1 033.8	772	350.2	69
Montaje de depósito cerrado		1-1/4" NPT	66	1 676.4	25.5	647.7	71.5	1 816.1	1 192	540.7	69
Montaje de depósito cerrado con secador/filtro (RD)		3/4" NPT	71	1 803.4	25.5	647.7	71.5	1 816.1	1 288	584.2	69
ST1500											
Cerrado		1" NPT	39.3	998.2	24.3	617.2	40.7	1 033.8	805	365.1	70
Montaje de depósito cerrado (R)		1-1/4" NPT	66	1 676.4	25.5	647.7	71.5	1 816.1	1 225	555.6	70
Montaje de depósito cerrado con secador/filtro (RD)		3/4" NPT	71	1 803.4	25.5	647.7	71.5	1 816.1	1 321	599.1	70

*A 1 metro.

Fuente: [http:// Sullair.com/](http://Sullair.com/)

Tabla 19.

Ventilador de tiro especificaciones técnicas del fabricante Airvent.

Airvent
Sistemas de Climatización y Ventilación

AIRVENT PERU SAC

VENTILADOR CENTRIFUGO ALTA PRESION FHT

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

- Carcasa fabricada en Plancha de acero inoxidable.
- Carcasa totalmente electro soldada con arco TIG.
- Turbina de álabes radiales de simple aspiración y alto rendimiento, fabricada en plancha Inox o en fundición de Duraluminio
- Opcional protegidos contra la corrosión mediante recubrimiento resina epoxy.
- Motor asíncrono normalizado de jaula de rdilla con protección IP-55 y aislamiento clase F. Voltajes estándar 230/380/400V 60Hz .

APLICACIONES

Diseñados para instalación en conducto, son indicados para:

- Procesos industriales, extracción o inyección localizada.
- Extracción de gases conducidos a Scrubbers.
- Extracción de polvo conducidos a ciclones o colectores .
- Transporte neumático a alta presión de polvo y materiales fibrosos.
- Aspiración de polos industriales.
- Tratamiento de aguas y oxigenación de estanques

FHT	A	B	D	F	G	H	L	M	P	R	Weight kg lbs	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	Reel. contn.
15	125 4 11/16"	90 3 1/2"	150 5 7/8"	75 3"	530 20 1/2"	430 15 3/4"	315 12 1/4"	290 11"	290 11"	295 11 1/4"	85 143	400 16 1/4"	430 16 1/2"	450 16 1/4"	430 15 3/4"	—
20	225 8 7/8"	160 6 3/8"	250 9 7/8"	130 5 1/8"	725 27 3/4"	530 20 1/2"	435 17 1/4"	365 14 3/8"	400 15 3/4"	400 15 3/4"	125 255	500 19 3/4"	530 19 1/2"	560 19 1/4"	500 19 1/4"	X

Jr. Castrovirreyana 869, Lima 5 - Perú
Web site : www.airventperu.com

Teléfonos: (51-1) 3069641 - 990356419
E-mail: ventas@airventperu.com

Fuente: <http://Sullair.com/>

✓ **Especificaciones técnicas de instalación y montaje de aire comprimido y extracción de gases**

Estas especificaciones establecen las condiciones y forma en que se ejecutará la obra; así como la calidad y características de los materiales y equipos a ser usados.

Para detalles complementarios de la presente especificación remitirse a los siguientes planos:

Planos para obra (Anexo 7):

✓ **Compatibilidad de planos**

El contratista tendrá la función de revisar los planos de instalaciones mecánicas y compatibilizar, con otras disciplinas de otras áreas a fin de evitar posibles interferencias durante la ejecución de la obra.

✓ **Modificación del proyecto**

Cualquier cambio durante la ejecución de la obra que modifique el proyecto original, será motivo de consulta y aprobación por parte del propietario, de lo contrario no procederán los posibles pagos adicionales por ese concepto.

✓ **Materiales y equipos**

Los materiales, equipos y artefactos deben ser nuevos, de calidad según lo especificado y previa a su adquisición se consultará con el propietario para su aprobación, en caso contrario o de no ser aprobados, estos deberán ser retirados y reemplazados por los especificados, sin costo alguno para el propietario. Las especificaciones de los fabricantes respecto a manipulación e instalación, deberán seguirse y se consideran parte de estas especificaciones.

✓ **Sistema de aire comprimido**

✓ **Desmontaje de compresor existente (area-100)**

✓ **Descripción:**

Se procederá a desmontar el compresor existente y trasladar al área de almacenamiento en las instalaciones EL SENATI. Utilizando para esto un carrito de almacenaje para su traslado.

✓ **Método de medición:**

La unidad de medida es global (glb)

✓ **Bases de Pago:**

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por medio global en obra, estando verificado y aprobado por el Supervisor. Este pago incluirá todos los materiales, equipos, herramientas, mano de obra que se usarán para la ejecución de la misma.

✓ **Desmontaje de tubería existente (area-100)**

✓ **Descripción:**

Una vez desmontado el compresor existente, se procederá a desmontar los 5,0 m de tubería existente, abrazaderas, accesorios y filtro regulador de aire.

✓ **Unidad de Medición:**

La unidad de medida es por metro lineal (m)

✓ **Forma de Pago:**

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por metro lineal verificado y aprobado por el revisor.

✓ **Montaje de compresor nuevo (area-100)**

✓ **Descripción:**

Una vez desmontado el compresor existente y la tubería existente, se procederá a montar el nuevo compresor de aire tipo Tornillo Rotativo de 1 Etapa, Lubricado, con Secador y Filtros Integrado, lo cual no incluye instalación y puesta en marcha.



Unidad de Medición:

La unidad de medida es por una unidad de compresor (u)



Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por una unidad de compresor en obra, estando verificado y aprobado por el revisor.



Conexión a punto de alimentación eléctrica (area-100)



Descripción:

Se refiere al suministro e instalación del tablero de compresora que se colocara adosado al muro para el accionamiento del compresor de aire, su ubicación y distribución está de acuerdo a lo indicado en el plano de instalaciones eléctricas P-159.16-IE-003.



Unidad de Medición:

La unidad de medida será por punto (PTO.)



Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por punto (PTO.) de instalación en obra, verificado y aprobado por el revisor.



Montaje tubería de acero sch-ø3/4" (area-100)



Descripción:

Una vez desmontado la tubería existente y sus accesorios, se procederá a montar los 5,0 m de tubería nueva. Esta tubería deberá cumplir con las especificaciones técnicas de materiales. Que consta de accesorios como uniones universales, codos y materiales necesarios para la unión de estos tubos, desde la salida del compresor de aire hasta el punto de empalme existente ver plano de instalaciones mecánicas.



Unidad de Medición:

La unidad de medida es por metro lineal (m)



Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por metro lineal instalado con sus respectivos soportes y fijaciones, verificado y aprobado por el revisor.



Válvula de bola - $\varnothing 3/4$ " (area-100)



Descripción:

La válvula de interconexión será de tipo de bola, La válvula de interconexión se instalara con dos uniones universales a 18,0 m aprox. desde la sala de compresor de acuerdo al plano P-159.16-IM-002.



Unidad de Medición:

La unidad de medida es por unidad de válvula (u)



Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por unidad de válvula (und), en obra, estando verificado y aprobado por el revisor.



Ubicación de tubería existente en losa para empalme (area-300)



Descripción:

Comprende el trabajo relacionado con picar la losa existente y ubicar tubería de aire existente para empalme de tubería de aire proyectada. La ubicación está de acuerdo al plano P-159.16-IM-001.



Unidad de Medición:

La unidad de medida es global (glb)



Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por medio global en obra, estando verificado y aprobado por el revisor.



Válvula de bola - $\varnothing 3/4$ " en empalme a tubería nueva (area-300)



Descripción:

La válvula de empalme será de tipo de bola, La válvula de empalme se instalara con dos uniones universales y una te recta de hierro maleable roscada y dos uniones

universales que nace de la tubería de aire existente ver plano isométrico P-159.16-IM-004.

✓ **Unidad de Medición:**

La unidad de medida es por unidad de válvula (u)

✓ **Forma de Pago:**

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por unidad de válvula (und), en obra, estando verificado y aprobado por el revisor.

✓ **Tubería adosada de acero sch-80- \varnothing 3/4" (area-400)**

✓ **Descripción:**

Comprende la colocación de la tubería principal que se conectara con las tuberías de servicio esta tubería principal, Esta tubería consta de accesorios como uniones universales, codos y tees rectas y materiales necesarios para la unión de estos tubos, desde la válvula de empalme hasta llegar a los puntos de salidas de servicio ver plano isométrico P-159.16-IM-003.

✓ **Unidad de Medición:**

La unidad de medida es por metro lineal (m)

✓ **Forma de Pago:**

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por metro lineal verificado y aprobado por el revisor.

✓ **Tubería adosada de acero sch-80- \varnothing 1/2" (area-400)**

✓ **Descripción:**

Comprende la colocación de tuberías de servicio que salen de la tubería principal. Estas tuberías constan de accesorios como uniones universales, tees rectas, unión de 4 vías, filtros reguladores y lubricadores de aire y materiales necesarios para la unión de estos, desde la tubería principal hasta llegar a los puntos de consumo, ver plano isométrico P-159.16-IM-003.



Unidad de Medición:

La unidad de medida es por metro lineal (m)



Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por metro lineal verificado y aprobado por el revisor.



Sistema de extracción de gases



03 Unidades de soporte para ventilador (ASTM A 36) (area-500)



Descripción:

El soporte de ventilador metálico serán contruidos con tubos y perfiles angulares, El acabado final será con pintura electrostática de color a definir en obra. Sistema de pintura base, tendrá un arenado o granallado grado comercial, pintado con una mano de 30 micrones de base y acabado de 40 micrones.



Unidad de Medición:

La unidad de medida es por kilos de acero (kg)



Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por kilos de acero habilitados, pintados, y colocados en obra, estando verificado y aprobado por el revisor.



Montaje ventilador de extracción (area-500)



Descripción:

Una vez instalado el soporte de ventilador, se procederá a montar el ventilador centrífugo con un encapsulado sonoro para disminuir los ruidos, lo cual incluye instalación y puesta en marcha.



Unidad de Medición:

La unidad de medida es por cada unidad de ventilador (u)



Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por unidad de ventilador (und), en obra, estando verificado y aprobado por el revisor.

✓ **Conexión a punto de alimentación eléctrica (area-500)**

✓ **Descripción:**

Se refiere al suministro e instalación de los tableros de control para los ventiladores de tiro estarán adosados al muro para el accionamiento de cada ventilador de tiro.

✓ **Unidad de Medición:**

La unidad de medida será por punto (PTO.)

✓ **Forma de Pago:**

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por punto (PTO.) de instalación en obra, verificado y aprobado por el revisor.

✓ **Tubo galvanizado sch-40-ø6"(Con accesorios) (area-500)**

✓ **Descripción:**

Consta en la instalación de 3 tuberías de succión galvanizado que van a extraer los gases de monóxido de carbono, estas tuberías deberán de ser ejecutados en estrecha coordinación con las partidas y planos de instalaciones mecánicas.

✓ **Unidad de Medición:**

La unidad de medida es por metro lineal (m).

✓ **Forma de Pago:**

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por cada metro lineal de tubería de succión galvanizado, instalado en obra, verificado y aprobado por el revisor.

✓ **Manguera flexible de fibra-ø6" (area-500)**

✓ **Descripción:**

Consta en la instalación de 3 mangueras flexibles de fibra de vidrio corrugada que van a extraer los gases de monóxido de carbono, estas tuberías deberán de ser ejecutados en estrecha coordinación con las partidas y planos de instalaciones mecánicas.

✓ **Unidad de Medición:**

La unidad de medida es por metro lineal (m).



Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por cada metro lineal de manguera flexible de fibra de vidrio corrugada, instalado en obra, verificado y aprobado por el revisor.

4.8. Análisis económico



Costos de inversión

Son todos los gastos que se están realizando en la construcción de los sistemas requeridos para el nuevo taller de mantenimiento insertándose los costos directos, indirectos y totales. Estos costos se tomaron mediante la sumatoria de todos los materiales utilizados en los sistemas de aire comprimido seco y extracción de gases insertándose los pagos de mano de obra, transporte, combustible, materiales y equipos utilizados.



Costos directos

Son todos los costos que se pueden ordenar y calcular de una manera prudente a una realización o trabajo específico. Dentro de los costos directos tenemos que considerar todos los costos que afectan directamente al proyecto en sí como lo son: los materiales, mano de obra, la utilización de los equipos y herramientas, transporte y combustible.

4.8.1. Análisis de costos por materiales

El costo de los materiales está especificado en la tabla 19.

4.8.2. Análisis de costos por construcción

En la construcción en los sistemas de aire comprimido seco y extracción de gases, se han contratado según el tiempo de operador y dentro de las herramientas y equipos utilizados se estiman en la tabla 19.



Costos indirectos

Son los que representan los costos por ingeniería, dirección técnica y costos por gastos administrativos.



Costos totales

Son generados por la suma de los costos directos, indirectos.

4.8.3. Análisis de costos



Inversión inicial



Costo del compresor

Se optó por el compresor de aire INGERSOLL-RAND, de tornillos rotativos, con secador y filtros integrado, modelo R7-5i-190 TAS (de 7,5 kW / 10HP), cuya cotización se encuentra en el (ANEXO 2).

Compresor INGERSOLL-RAND de 7,5 kW / 10HP P. Total S/. =35,946.40

Se recomienda este compresor, por ser de marca reconocida. Y por ser común en el mercado peruano, habiendo así existencia de repuestos.

Los precios no incluyen IGV ni instalación. Los precios son locales, con la mercadería puesta en el local del cliente solo dentro del rango de Lima Metropolitana e incluyen el llenado del compresor con aceite sintético, el arranque y el adiestramiento básico en operación y mantenimiento.



Costo de sistema de aire comprimido

La tubería utilizada en la red de distribución debe ser de acero al carbono cedula 80 ASTM-A-53Gr.B. sin costura, extremos roscados; la instalación de la misma se debe realizar con accesorios roscados, con sus respectivos soportes, por lo que se incluye un costo de mano de obra. También se incluyó un gasto por imprevistos, debido a que los tubos son vendidos en longitudes de 6 metros con rosca en los extremos, teniendo entonces que hacer roscas y utilizar juntas adicionales; los costos de la tubería se indican en la tabla 19.

Consideraciones generales para los suministros los costos incluyen el suministro de los materiales designados Los costos de la Mano de obra incluyen:

Consumibles, Arenado, Pintura Esmalte epóxico anticorrosivo de acabado el cliente suministra energía eléctrica.

✓ **Costo del ventilador centrífugo**

Se eligió el ventilador centrífugo de extracción de gases AIRVENT PERU SAC, de marca INCOVENT, modelo FHT-25 (2 HP), cuya cotización se encuentra en el (ANEXO 3)

Ventilador centrífugo AIRVENT PERU SAC de 2 HP P.Total S/. = 16,258.00

3 Ventilador de tiro o centrífugo P. Total S/. = 48,774.60

✓ **Costo de sistema de extracción de gases**

La manguera flexible utilizada en la extracción de gases debe ser fibra de vidrio. La instalación de la misma se debe realizar con accesorios y uniones flexibles, con sus respectivos soportes, por lo que se incluye un costo de mano de obra. También se incluyó un gasto por imprevistos; los costos de la manguera y los ductos de descarga de extracción de gases se indican en la tabla 19.

Consideraciones generales para los suministros los costos incluyen el suministro de los materiales designados Los costos de la Mano de obra incluyen:

Consumibles, Arenado, Pintura Esmalte epóxico anticorrosivo de acabado el cliente suministra energía eléctrica.

Tabla 20.*Costos estimados del sistema de aire comprimido y extracción de gases.*

Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO				49,362.90
DESMONTAJE DE COMPRESOR EXISTENTE (AREA-100)	g/b	1.00	380.00	380.00
DESMONTAJE DE TUBERÍA EXISTENTE (AREA-100)	m	5.00	20.00	100.00
SUMINISTRO Y MONTAJE DE COMPRESOR NUEVO (AREA-100)	u	1.00	36,751.00	36,751.00
CONEXIÓN A PUNTO DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA (AREA-100)	pto	1.00	80.00	80.00
MONTAJE TUBERÍA DE ACERO SCH80-ø3/4" DE COMPRESOR HASTA EMPALME A TUBERÍA EXISTENTE.	m	5.00	48.00	240.00
VALVULA DE BOLA - ø3/4" (AREA-100)	u	1.00	87.00	87.00
UBICACIÓN DE TUBERÍA EXISTENTE EN LOSA PARA EMPALME	g/b	1.00	360.00	360.00
VALVULA DE BOLA - ø3/4" EN EMPALME A TUBERÍA NUEVA	u	1.00	87.00	87.00
TUBERÍA ADOSADA DE ACERO SCH80- ø3/4" (AREA-400)	m	61.29	110.00	6,741.90
TUBERÍA ADOSADA DE ACERO SCH80- ø1/2" (Inc. Salidas para alimentación) (AREA-400)	m	16.80	270.00	4,536.00
SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES				42,755.00
3 SOPORTES PARA VENTILADOR (Estructura de acero ASTM A 36, Inc. Suministro, fabricación e instalación) (AREA-500)	kg	518.00	16.00	8,288.00
SUMINISTRO Y MONTAJE VENTILADOR DE TIRO O CENTRÍFUGO EN TALLER DE MANTENIMIENTO.	u	3.00	6,117.00	18,351.00
CONEXIÓN A PUNTO DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE	pto	3.00	80.00	240.00
TUBO GALVANIZADO SCH40-ø6" PARA DESCARGA DE VENTILADOR DE TIRO EN TALLER DE MANTENIMIENTO.	m	23.40	590.00	13,806.00
MANGUERA FLEXIBLE DE FIBRA DE VIDRIO-ø6" (Con accesorios)	m	17.25	120.00	2,070.00
COSTO DIRECTO				92,117.90

Fuente: Propia, 2017

✓

Monto total a invertir

El proyecto tiene un costo total de:

Sistema de aire comprimido

P. Parcial S/. = 49 362,90

Sistema de extracción de gases

P. Parcial S/. = 42 755,00

Costo total directo**S/. = 92 117,90**

*No se tiene que invertir el monto que corresponde al sistema de lubricación neumático, ya que la empresa Divemotor, que les suministra los lubricantes hará un convenio de proporcionar el equipo, con la condición de que se utilicen exclusivamente los lubricantes que ellos venden.

Entonces se tiene únicamente el costo del sistema de aire comprimido y el sistema de extracción de gases, generando un activo fijo que se totaliza en la tabla 20:

Tabla 21.
Activo fijo.

Activo fijo	
Maquinaria y equipo	
Sistema de aire comprimido	S/. 49 362,90
Sistema de extracción de gases	S/. 42 755,00
Total de activo fijo	S/. 92 117,90

Fuente: Propia, 2017

Monto total invertir S/. = 92 117,90



Determinación de costos

El proyecto trae consigo ciertos costos necesarios para su operación y funcionamiento, los cuales se dividen en variables y fijos, los costos variables dependen de las unidades producidas, mientras los costos fijos como su nombre lo indica no varían respecto al número de servicios realizados.



Costos variables

Entre los costos variables están:

- Personal profesional y auxiliar.
- Personal técnico.
- Costos administrativos.

Total de costos variables S/. = 10 250,00

Tabla 22.
Costos variables.

GASTOS VARIABLES							10 250,00
PERSONAL PROFESIONAL Y AUXILIAR							
Descripción	Unidad	Personas	%Particip.	Tiempo	Sueldo/Jornal	Parcial	
Gerente de Proyecto	mes	1	60	0,50	7 000	2 100	
Planillero	mes	1	100	0,50	2 000	1 000	
Ingeniero Residente	mes	1	100	0,50	6 000	3 000	
Asistente de Ingeniería de Costos	mes	1	100	0,50	2 300	1 150	
Subtotal							7 250,00
PERSONAL TECNICO							
Descripción	Unidad	Personas	%Particip.	Tiempo	Sueldo/Jornal	Parcial	
Maestro de Obra	mes	1	60	0,50	3 000	900	
Subtotal							900
COSTOS ADMINISTRATIVOS							
Descripción	Unidad	Cantidad		Tiempo	Costo	Parcial	
SECRETARIA	mes	1		0,50	1 500	750	
CONSERJE	mes	1		0,50	1 000	500	
IMPRESIONES	mes	1		0,50	900	450	
UTILES DE OFICINA, PAPELERIA	mes	1		0,50	800	400	
Subtotal							2 100,00

Fuente: Propia, 2017



Costos fijos

Entre los costos fijos están:

- Alquiler de equipo menor.
- Tributos.
- Pólizas y seguros.
- Pruebas de calidad.

Total de costos fijos S/. = 12 758,39

Tabla 23.
Costos fijos.

GASTOS FIJOS						12 758,39
ALQUILER DE EQUIPO MENOR						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tiempo	Costo	Parcial	
Camioneta Cabina simple 2 tn.	mes	1	0,10	3 500	350	
Subtotal						350
TRIBUTOS						
Descripción		%Tasa De			Parcial	
SENCICO		0,05	SUB TOTAL (99 038,26)		558,39	
Subtotal						558,39
POLIZAS Y SEGUROS						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tiempo	Costo	Parcial	
EMISION DE PÓLIZA CAR	glb	1	1	1 200	1 200	
CARTA FIANZA	glb	1	1	8 350	8 350	
Subtotal						9 550,00
PRUEBAS DE CALIDAD						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tiempo	Costo	Parcial	
MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS DEL PERSONAL PARA PRUEBAS DE CALIDAD	glb	1	1	800	800	
OTRAS PRUEBAS	glb	1	1	1 500	1 500	
Subtotal						2 300,00

Fuente: Propia, 2017

Entonces, El costo total del proyecto es la suma de los costos variables más los costos fijos.

Tabla 24.
Costos totales del proyecto.

Especificación	costo
Cotos variables	10 250,00
Cotos fijos	12 758,39
Costo total de proyecto S/.	23 008,39

Fuente: Propia, 2017

Finalmente, El presupuesto total del proyecto va ser igual a la suma de los gastos generales, utilidad 5%, I.G.V. 18% ver tabla 24.

Tabla 25.

Presupuesto total del proyecto.

Costo directo	92 117,90
Gastos generales 2.5125%	2 314,46
Utilidad 5,00%	4 605,90
Sub total	99 038,26
I.G.V. 18%	17 826,89
Presupuesto total de proyecto S/.	116 865,15

Fuente: Propia, 2017

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis de los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos de este presente informe nos sirven de base para lograr un conocimiento transparente del estado situacional actual y nuevo del sistema de aire comprimido y por otra parte el nuevo sistema de extracción de gases.

Para el diseño del sistema de aire comprimido seco se obtuvieron los siguientes resultados:

- La demanda de aire seco requerida para el dimensionamiento del compresor fue de 2,644 [Nm³/min] de todos los equipos neumáticos que se utilizaran en el nuevo taller de mantenimiento, a este resultado le daremos un margen de porcentaje de 10% perdida de fugas, 20% factor de diseño y por ultimo 30% factor para crecimiento futuro, como resultado obtenemos 4,231 [Nm³/min] con este resultado podremos hallar la demanda teórica en todo el taller lo cual es 0,512 [Am³/min] este valor es cuando el compresor está trabajando. se optó por seleccionar un compresor de tornillo modelo R7-5i-190 TAS (de 7,5 KW / 10 HP), con presión de trabajo de 10 bar = 1000 kpa = 145 PSI. De acuerdo al manual del fabricante este equipo puede entregar una potencia de 7500 [w].
- El volumen para el dimensionamiento del tanque receptor fue de 0,547 [m³]

- En el dimensionamiento del secador de aire se obtuvo el siguiente resultado se usará secador de aire por refrigeración teniendo en cuenta la calidad de aire clase 1,4,2 según 8573-1:2010 de aire requerido.
- En la selección de los filtros de separación de partículas y aceites se obtuvieron los siguientes resultados:

 Los pre-filtros vienen hacer el filtro de aire, filtros de separador de aceite y filtros de partículas de agua estos dan como resultado eliminar las partículas gruesas que es aspirado por el compresor, es decir, que pueden eliminar una pequeña cantidad de agua y aceite al mismo tiempo que eliminan las partículas sólidas.

 Los post-filtros vienen hacer la unidad de mantenimiento F.R.L. estos sistemas dan como resultado asegurar la calidad final de aire que utilizarán los equipos neumáticos dentro del nuevo taller de mantenimiento.
- En el dimensionamiento de la línea de distribución se obtuvo el siguiente resultado reutilizar la línea de distribución existente ya que la caída de presión de la línea es de 40 kPa (0,40 bar) lo que significa que la línea al final tendrá una presión de 960 kPa disponible para el uso de los equipos. Como también se observa que la caída de presión en las tuberías es de 5 kPa (0,05 bar) no supera el valor máximo recomendado de 10 kPa (0,1 bar) por lo tanto se concluye que se debe reutilizar la línea existente de distribución.
- En la determinación de la presión del ventilador de tiro se obtuvo el siguiente resultado que la caída de presión requerida en la línea fue de 1050 Pa.
- El tipo de control seleccionado para los equipos fue electrónico individual, es decir, el compresor de aire contará con un sistema de control digital y el ventilador de tiro con un control electrónico individual.
- El mantenimiento preventivo, Correctivo y predictivo diseñado es mensual de dos días de acuerdo a la coordinación que se tenga con el proveedor del equipo. Se elaboró un programa de actividades que deben seguir los técnicos de acuerdo a los equipos del sistema (compresor de aire y ventilador de tiro).

CONCLUSIONES

- Se demuestra que la red de distribución de aire comprimido actual o existente es suficiente porque la caída de presión no supera el valor recomendado, además estará sometida a la misma presión de trabajo actual.
- Se ha diseñado y seleccionado un compresor para el sistema de aire comprimido seco que cumple con los requerimientos para el nuevo taller. Por ello es necesario instalar un compresor de tornillos rotativos, modelo R7-5i-190 TAS (de 7,5 KW / 10 HP), con presión de trabajo de 145 PSI el cual cumple con la demanda, también un aumento futuro y lograr cubrir el consumo en las horas pico del nuevo taller de mantenimiento.
- Se ha diseñado y seleccionado un ventilador de tiro para el sistema de extracción de gases, en el nuevo taller de mantenimiento de camiones en EL SENATI cumpliendo con todos los requerimientos establecidos para su correcto funcionamiento, Para disminuir el ruido excesivo producido en el funcionamiento del ventilador de tiro se ha optado por utilizar un encapsulado sonoro nivel máximo de ruido: 70 dBA a 1m del equipo, para la combustión de los motores de los buses y camiones, serán extraídos y desechados fuera del nuevo taller de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable la instalación de un sistema de secado de aire, la renovación de la red de distribución de aire comprimido y la instalación de un nuevo compresor, para mejorar las instalaciones de la sala de compresor y suministrar así el aire comprimido par el nuevo taller de mantenimiento, logrando así, mejor eficiencia en todos los procesos productivos.
- El nuevo taller de mantenimiento y la sala de compresor debe disponer de un programa de inspección y mantenimiento de la red de distribución de aire comprimido, que como mínimo haga una revisión semestralmente.
- Se recomienda anular la interconexión con la otra compresora que se usa en caso de emergencia porque esta línea puede contaminar con humedad y suciedad.
- Controlar que no existan fugas en los sistemas de extracción de gases ya que el tipo de fluidos que se manejan podrían ocasionar riesgos y accidentes.
- Se debe poner en énfasis en el uso del equipo de seguridad de los técnicos y operadores.
- Se debe realizar un mantenimiento periódico en el sistema de escape ya que debido a las altas temperaturas de los gases de combustión, se genera corrosión y desgaste en los ductos y accesorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliográficas

- KUTSUMA, Martin (2011) Diseño de un sistema de climatización en aula CAD-CAE. Perú.
- BAUTISTA, Ronald (2011) Diseño de sistema de emisiones de gases de combustión de biomasa bajo condiciones controladas. Perú.
- SÁNCHEZ, Edgar (2012) Diseño de un sistema de distribución de aire comprimido para una maquina envasadora de líquido en la empresa SICARSA. Ecuador.
- BAYAS, Irene (2012) Diseño, selección y montaje de un sistema de extracción de gases, bombeo e insonorización de una sala de pruebas de grupos generadores para la empresa RS ROTH equipos petroleros. Ecuador.
- HESSE, Stefan (2002) Aire comprimido fuente de energía: preparación y distribución. (Editorial Festo. 2000) p.9, p.11, p.12, p.60, p.61.
- BARAHONA, Henning (2007) Diseño de un sistema de lubricación neumático para los servicios vehiculares y análisis del desecho de sólidos y lubricantes en el taller de transequipos, S.A. Guatemala.
- SAAVEDRA, Juan (2014) Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular. Perú.
- MELGAREJO, Mario (2014) Diseño de un sistema de ventilación para estacionamiento subterráneo de tres niveles. Perú.
- SANGA, Jamil (2012) Ventilación de Bodega de Almacenamiento de Producto Terminado en una Fábrica de Balanceado. Ecuador.
- ÑAUPAS, Humberto, NOVOA, Eliana, MEJIA, Elías y VILLAGOMEZ, Alberto (2011) Metodología de la investigación científica y elaboración de tesis. (2da.Edición). Editorial e imprenta de la UNMSM.
- KERLINGER, Fred (1983) Investigación del comportamiento. Técnicas y metodología. (2da.Edición). Editorial interamericana, México.
- CARNICER, Enrique, (1994) Aire comprimido. Paraninfo.
- Atlas copco, compressed air manual. (8ª Edición; Bélgica: Editorial, 2015) p.90
- ECHEVERRI, Carlos, (2011) Ventilación industrial. Editorial U.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS
(2011) ASHRAE, Handbook: HVAC Applications. Atalanta: ASHRAE.
(2009) ASHRAE, Handbook: Fundamentals. Atalanta: ASHRAE.
- GARCIA, Susana, (2011) Guía de prevención, diagnóstico, tratamiento y vigilancia epidemiológica de las intoxicaciones por monóxido de carbono. Buenos Aires, Argentina.


Webgrafía

- www.Sullair.com
- www.ingersollrandproducts.com
- www.atlascopco.com.pe
- www.Kaeser.com
- www.Graco.com
- www.Enerpal.com

ANEXOS

ANEXO 1


ANEXO 1a: Condiciones de sitio.


		SENATI		2016-033-HDS-001	
		Taller de ensamble de Chasis de camiones		REVISION: A	
		Condiciones de sitio		2016-10-10	
Aprobaciones	Responsable	Preparado/Fecha	Revisado/Fecha	Cliente/Fecha	
	Cliente final				
	Cliente contratante				
	Jefe de proyecto				
	Jefe de disciplina				
Revisiones	Estatus	Preparado/Fecha	Revisado/Fecha	Cliente/Fecha	
	Revisión interna				
	Revisión del Cliente contratante				
	Revisión del Cliente final				
Emisiones	Estatus	Elaborado/Fecha	Revisado/Fecha	Cliente/Fecha	
	Para revisión				
	Para aprobación				
	Para uso				
Descripción			Valor de Diseño	Valor del Proyecto	Unidad de medida
1 Ubicación					
1,1	País, departamento, localidad			Perú, Lima, Lima, San Martín de Porres	
1,2	Altitud sobre nivel del mar			250	m
1,3	Latitud				N/A
1,4	Longitud				N/A
1,5	Instalación			Interperie	
2 Meteorología					
2,1	Temperatura, etc.				
	2.1.1 Máxima temperatura ambiente			35	°C
	2.1.2 Mínima temperatura ambiente			10	°C
	2.1.3 Temperatura de diseño de equipos			40 <	°C
2,2	Humedad relativa promedio			99	%
2,3	Condiciones de lluvia				
	2.3.1 Lluvias máxima anual				mm
	2.3.2 Lluvias máxima diaria				mm
2,4	Carga de nieve				kN/m ²
2,5	Condiciones de viento				
2,6	Velocidad del viento				m/s
	2.6.1 Carga de viento				kN/m ²
	2.6.2 Dirección predominante del viento				Compas
2,7	Clasificación sísmica				
	2.7.1 Código aplicable			RNC	
	2.7.2 Zona sísmica			3	
2,8	Condiciones Geotécnico				
	2.8.1 Estudio geotécnico			No se dispone	
3 Alimentación Eléctrica					
3,1	Instalación			Interperie	
3,2	Temperatura de ambiente en operación				
	3.2.1 Máxima temperatura en sala			40	°C
	3.2.2 Máxima temperatura fuera de sala			30	°C
3,3	Tensión de Fuerza				
	3.3.1 Sobre 200 kW			4,0 kVAC / 3 Fases / 60 Hz	
	3.3.2 De 0,5 a 200 kW			440 VAC / 3 Fases / 60 Hz	
	3.3.3 Menores a 0,5 kW			220 VAC / 1 Fase / 60 Hz	
3,4	Tensión de Control			220 VAC / 1 Fase / 60Hz	
3,5	Tipo de construcción			NEMA Premium	
3,6	Grado de protección			NEMA 4	
4 Servicios					
4,1	Presión de aire comprimido			680	kPa
4,2	Alimentación eléctrica			220 V, 1 Fases, 60 Hz	

ANEXO 1b: Hojas de datos.

			SENATI			2016-033-HDM-002	
			Taller de ensamblaje de chasis de camiones			REVISIÓN: A	
			Hoja de datos del Receptor de aire			2016/Agosto/03	
Ítem	Rev.	Título	Datos de Diseño	Datos del Proveedor	Datos de Operación	Unidades	Notas
IDENTIFICATION							
A01		Propietario	SENATI			Texto	
A02		Unidad Minera	Escuela Panamericana norte			Texto	
A03		Proyecto	Taller de ensamblaje de chasis de camiones			Texto	
A04		Trabajo	Receptor de aire comprimido			Texto	
DATOS DEL SERVICIO							
C01		Descripción del servicio	ASME Sec. VIII Div. I			Texto	1
C02		Fluido	Aire			Texto	1
C03		Densidad de fluido a temperatura de operación				kg/m³	1
C04		Presión de diseño	1250			kPa	1
C05		Temperatura de diseño	30			°C	1
C06		Máxima presión de operación	1035			kPa	1
C07		Máxima temperatura de operación	40			°C	1
C08		Capacidad	1			m³	1
C09		Insulante por corrosión	3			mm	
CONDICIONES DE SERVICIO							
D01		Máxima presión de trabajo en condiciones de alta temperatura	1035			kPa	1
D02		Máxima presión de trabajo en condiciones de baja temperatura	1035			kPa	
D03		Presión hidrostática de prueba	1400			kPa	
D04		Endos y niples de conexión con Tacones	51			Ø / H	
DIMENSIONES Y ESPESOR							
I01		Longitud total				mm	
I02		Ancho total				mm	
I03		Altura total				mm	
I04		Espesor de la tapa superior				mm	
I05		Espesor del cuerpo cilíndrico				mm	
I06		Espesor de la tapa inferior				mm	2
I07		Descripción de montaje	Vertical			Texto	
I08		Tamaño de pernos de anclaje				Texto	2

CH&C INGENIEROS S.A.C.			SENATI			2016-033-HDM-003	
			Taller de ensamblaje de chasis de camiones			REVISION: A	
			Hoja de datos del Secador de aire			2016/Agosto/03	
Ítem	Rev.	Título	Datos de Diseño	Datos del Proveedor	Datos de Operación	Unidades	Notas
IDENTIFICATION							
A01		Propietario	SENATI			Texto	
A02		Unidad Minera	Escuela Panamericana norte			Texto	
A03		Proyecto	Taller de ensamblaje de chasis de camiones			Texto	
A04		Trabajo	Secador de aire comprimido			Texto	
DATOS DEL SERVICIO							
C01		Descripción del servicio	Secador de aire			Texto	1
C02		Método de operación	Refrigeración			Texto	1
C03		Número de unidades de operación	1			U	1
C04		Número de unidades de reserva	0			U	1
C05		Caudal mínimo en el ingreso				gpm/gpm	1
C06		Caudal nominal en el ingreso				gpm/gpm	1
C07		Caudal máximo en el ingreso				gpm/gpm	1
C08		Presión máxima en el ingreso	300			psia	
C09		Presión nominal en el ingreso	1000			psia	
C10		Presión máxima en el ingreso	1600			psia	
C11		Temperatura máxima en el ingreso	10			°C	
C12		Temperatura máxima en el ingreso	35			°C	
C13		Temperatura máxima en el ingreso	50			°C	
C14		Caudal F&D mínimo en la descarga				gpm/gpm	
C15		Caudal F&D nominal en la descarga				gpm/gpm	
C16		Caudal F&D máximo en la descarga				gpm/gpm	
C17		Presión mínima en la salida	0			psia	
C18		Presión nominal en la salida	0			psia	
C19		Presión máxima en la salida	0			psia	
C20		Temperatura mínima en la salida	0			°C	
C21		Temperatura máxima en la salida	10			°C	
C22		Temperatura máxima en la salida	10			°C	
C23		Capacidad de salida en la descarga				gpm	
C24		Temperatura ambiente mínima	10			°C	
C25		Temperatura ambiente máxima	40			°C	
C26		Temperatura promedio de todos los puntos				°C	
C27		Temperatura de todos los puntos promedio				°C	
C28		Temperatura de todos los puntos				°C	
C29		Humedad relativa promedio				%	
C30		Velocidad del motor				U / min	
C31		Método de control				Texto	1
SECADOR							
D01		Refrigerador				Texto	1
D02		Marca				Texto	
D03		Tipo				Texto	
D04		Módulo				Texto	
D05		Refrigerante				gpm	
D06		Refrigerado por agua				gpm	
D07		Refrigerado por aire				gpm	
D08		Intercambiador de calor	Placas acero inox.			UW	
D09		Cortaje de alimentación				UW	
D10		Grado de protección	IP 55			%	
D11		Grado de protección				%	
D12		Alarma de contacto libre de tensión				%	
D13		Purga automática				gpm	
D14		Puerto de conexión en la entrada de aire				gpm	
D15		Puerto de conexión en la salida de aire				gpm	
D16		Puerto de conexión de salida de condensado				gpm	
D17		Puerto de trapeo de los gases de aire				psia	
NIVEL DE RUIDO							
F01		Nivel de ruido a 1 m - Sin carga				dBA	2
F02		Nivel de ruido a 1 m - carga normal				dBA	2
F03		Nivel de ruido a 1 m - Máxima carga				dBA	2
ALUMBRADO Y REVESTIMIENTO							
G01		Tipo de revestimiento				Texto	1
G02		Tipo de revestimiento				ft ²	1
G03		Espesor de aislamiento				in	1
MOTOR							
H01		Marca				Texto	1
H02		Módulo				Texto	1
H03		Factor de potencia				UW	1
H04		Velocidad de rotación				gpm	1
H05		Presión nominal				UW	1
H06		Grado de protección	IP 55			IP	1


			SENATI			2016-033-HDM-004	
			Taller de ensamble de chasis de camiones			REVISION: A	
			Hoja de datos del Pre filtro			2016/Agosto/03	
Ítem	Rev.	Título	Datos de Diseño	Datos del Proveedor	Datos de Operación	Unidades	Notas
IDENTIFICACIÓN							
A01		Propietario	SENATI			Texto	
A02		Unidad Minera	Escuela Panamericana norte			Texto	
A03		Proyecto	Taller de ensamble de chasis de camiones			Texto	
A04		Equipo	Pre filtro de aire comprimido			Texto	
DATOS DEL SERVICIO							
C01		Descripción del servicio	Filtro separador			Texto	1
C02		Método de operación				Texto	1
C03		Número de unidades de operación	1			u	1
C04		Número de unidades de reserva	0			u	1
C05		Caudal mínimo en el ingreso				l/m ³ /min	1
C06		Caudal nominal en el ingreso				l/m ³ /min	1
C07		Caudal máximo en el ingreso				l/m ³ /min	1
PRE FILTRO							
D01		Suministrador				Texto	1
D02		Marca				Texto	
D03		Tipo				Texto	
D04		Modelo				Texto	
D05		Máxima presión de operación				kPa	
D06		Máxima temperatura de operación				°C	
D07		Mínima temperatura de operación				°C	
D08		Máximo caudal de operación				m ³ /min	
D09		Mínimo caudal de operación				m ³ /min	
D10		Eficiencia de separación de partículas	1			mm	
D11		Máxima capacidad de condensado				g	
D12		Eficiencia de separación de aceites	0.5			ppm	
		Máxima capacidad de aceite				g	
		Medio de separación				Texto	
		Caída de presión en seco	4			kPa	
		Caída de presión en húmedo	8			kPa	
D13		Tipo de purga	Automatica			Texto	
D14		Puerto de conexión en la entrada de aire				mm	
D15		Puerto de conexión en la salida de aire				mm	1
D16		Puerto de conexión de salida de condensado				mm	1
D17		Puerto de tubería de bay pass de aire				mm	1

			SENATI			2016-033-HDM-005	
			Taller de ensamble de chasis de camiones			REVISION: A	
			Hoja de datos del Post filtro			2016/Agosto/03	
Ítem	Rev.	Título	Datos de Diseño	Datos del Proveedor	Datos de Operación	Unidades	Notas
IDENTIFICATION							
A01		Propietario	SENATI			Texto	
A02		Unidad Minera	Escuela Panamericana norte			Texto	
A03		Proyecto	Taller de ensamble de chasis de camiones			Texto	
A04		Equipo	Pre filtro de aire comprimido			Texto	
DATOS DEL SERVICIO							
C01		Descripción del servicio	Filtro separador			Texto	1
C02		Método de operación				Texto	1
C03		Número de unidades de operación	1			u	1
C04		Número de unidades de reserva	0			u	1
C05		Caudal mínimo en el ingreso				Nm ³ /min	1
C06		Caudal nominal en el ingreso				Nm ³ /min	1
C07		Caudal máximo en el ingreso				Nm ³ /min	1
POST FILTRO							
D01		Suministrador				Texto	1
D02		Marca				Texto	
D03		Tipo				Texto	
D04		Modelo				Texto	
D05		Máxima presión de operación				kPa	
D06		Máxima temperatura de operación				°C	
D07		Mínima temperatura de operación				°C	
D08		Máximo caudal de operación				m ³ /min	
D09		Mínimo caudal de operación				m ³ /min	
D10		Eficiencia de separación de partículas	0.01			mm	
D11		Máxima capacidad de condensado				g	
D12		Eficiencia de separación de aceites	0.01			ppm	
		Máxima capacidad de aceite				g	
		Medio de separación				Texto	
		Caída de presión en seco	8			kPa	
		Caída de presión en húmedo	15			kPa	
D13		Tipo de purga	Automatica			Texto	
D14		Puerto de conexión en la entrada de aire				mm	
D15		Puerto de conexión en la salida de aire				mm	1
D16		Puerto de conexión de salida de condensado				mm	1
D17		Puerto de tubería de bay pass de aire				mm	1

ANEXO 1c: Líneas de servicios de aire comprimido.

Aire de servicio - Taller de montaje de Camiones Nomenclaturas					Doc. No. 2016-033-LAS-001 Rev. A Pag. 1
Cliente SENATI Proyecto Taller de servicio de camiones Equipo Líneas de servicios de aire comprimido					Rev. : A Apr. : M. Díaz V. Fecha : 2016-10-05
Designacion	Unidades	Descripción			
Conexion	DN o Inch	Dimension de la tuberia de conexion de aire comprimido del equipo			
Presion Maxima	kPa	Maxima presion de trabajo del compresor			
Presion de trabajo	kPa	Presion de trabajo del compresor			
Presion Actual	kPa	Presion minima de diseno requerido para funcionamiento del equipo			
Caudal (FAD)	m³/min	Caudal en condiciones de aspiracion del compresor , 20°C y 1013 mBar segun ISO 1219			
Capacidad total instalada	m³/min	(FAD) Capacidad total instalada sin stand by			
Aire comprimido humedo	m³/min	(FAD) Aire no seco directo del compresor			
Aire comprimido seco	m³/min	(FAD) Aire seco con punto de rocío menor de 5°C respecto al medio ambiente			
Aire comprimido seco lubricado	m³/min	(FAD) Aire seco lubricado con punto de rocío menor de 5°C respecto al medio ambiente			
Aire de emergencia	m³/min	(FAD) Aire comprimido seco requerido en caso de falla del compresor			
Aire comprimido para aplicacion especial	m³/min	(FAD) Aire para consumidores no conectados a la linea, requiere compresor separado			
Filtro con drenaje	Si	Filtro con drenaje suministrado con el equipo			
Filtro con drenaje	No	Filtro con drenaje no se requiere			
Regulador de presion	Si	Regulador de presion suministrado con el equipo			
Regulador de presion	No	Regulador de presion no requerido			
Valvula de alivio	Si	Valvula de alivio suministro con el equipo			
Valvula de alivio	No	Valvula de alivio no requerido			
Caudal de servicio	m³/min	Caudal de aire requerido en sitio para el equipos			
Presion de servicio	mBar	Presion de aire requerido en sitio para el equipo			

Designacion	Valor	Unidades	Descripción
Altitud de la instalacion	200	msnm	
Maxima temperatura ambiente	30	°C	
Minima temperatura ambiente	10	°C	
Maxima humedad relativa	99	%	
Minima humedad relativa	40	%	
Punto de rocío máximo requerido en aire comprimido	5	°C	
Punto de rocío actual máximo	5	°C	

													Doc. No. 2016-033-LAS-001				
													Rev. A				
													Pag. 3				
Cliente: SENATI													Rev.: A				
Proyecto: Taller de servicio de camiones													Apr.: M. Díaz V.				
Equipo: Líneas de servicios de aire comprimido													Fecha: 2016-10-05				
Item	No. Equipo	Cantidad	Equipo		Conexion	Presion actual	Aire humedo	Aire seco	Aire seco lubricado	Aire de emergencia	Aire especial	Calidad de aire	Filtro con drenaje	Filtro regulador	Filtro lubricador	Valvula de alivio	Comentarios
			Tipo	Proposito de uso del aire													
1.00		3	Bomba de aceite 1 1/16"	Aceite de lubricacion	1/4" NPTF	669.475			0.142			Clase 1.4.2	No	Si	Si	No	
2.00		3	Bomba de grasa 2 1/4"	Grasa de lubricacion	3/8" NPTF	669.475			0.258			Clase 1.4.2	No	Si	Si	No	
3.00		3	Llave de impacto 3/4"	Ajuste de pernos	1/2" NPTF	627.371			0.241			Clase 1.4.2	No	Si	Si	No	
4.00		10	Aire de limpieza	Proposito general	1/2" NPTF	627.371		0.225				Clase 1.4.2	No	No	No	No	
							Total	2.25	1.75	0.00	0.00						
Documentos Generales de Referencia																	
Catalogo comercial de equipos neumáticos Atlas Copco																	
Catalogo comercial de equipos neumáticos Ingersoll Rand																	
Catalogo comercial de bombas de lubricacion Graco																	

ANEXO 1d: Hojas de datos del ventilador de tiro.

CH&C INGENIEROS S.A.C.			SENATI			2016-033-HDM-006	
			Taller de ensamblaje de chasis de camiones			REVISION: A	
			Hoja de datos del Ventilador de tiro			2016/Agosto/03	
Ítem	Rev.	Título	Datos de Diseño	Datos del Proveedor	Datos de Operación	Unidades	Notas
IDENTIFICATION							
A01		Propietario	SENATI			Texto	
A02		Unidad Minera	Escuela Panamericana norte			Texto	
A03		Proyecto	Taller de ensamblaje de chasis de camiones			Texto	
A04		Equipo	Compresor de aire comprimido			Texto	
DATOS DEL SERVICIO							
C01		Descripción del servicio	Intermitente			Texto	1
C03		Descripción de gases de ingreso	Gases de combustión de motor de camiones			Texto	1
C04		Temperatura de diseño al ingreso	30			°C	1
C05		Temperatura nominal de trabajo	400			°C	1
C06		Mínima temperatura de trabajo	15			°C	1
C07		Caudal mínimo	16,5			m³/min	1
C08		Caudal de diseño	16,5			m³/min	
C09		Caudal máximo				m³/min	
C10		Presión mínima de salida				MPa	
C11		Presión de diseño en la salida				MPa	
C12		Presión máxima en la salida				MPa	
C13		Velocidad mínima de gases en la salida				m/s	
C14		Velocidad de diseño de gases en la salida				m/s	
C15		Velocidad máxima de gases en la salida				m/s	
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							
E01		Tipo de ventilador	Centrifugo			Texto	2
E02		Tipo de arreglo	Segun plano de montaje			Texto	2
E03		Materia de rotor				Texto	
E04		Vel. del rotor				kg/hora	
E05		Tipo de alabe				Texto	
E06		Materia del eje				Texto	
E07		Materia de la carcasa				Texto	
E08		Tipo de rodamiento				Texto	
E09		Designación del rodamiento				Texto	
E10		Tipo de lubricación				Texto	
E11		Aisladores de vibración	SI			Texto	
E12		Tipo de aisladores				Texto	
E13		Cantidad de aisladores				u.	
E14							
ACCIONAMIENTO Y MOTOR							
F01		Tipo	Velocidad fija			Texto	1
F02		Marca del motor				Texto	
F03		Modelo del motor				Texto	
F04		Velocidad de rotación	1750			rpm	
F05		Tipo de accionamiento	Directo			Texto	
F06		Tipo de faja de transmisión				Texto	
F07		Número de fajas				u.	
F08		Longitud de faja				Texto	2
F09		Diámetro de polea lado motor				mm	
F10		Tamaño de buje en polea lado motor				mm	
F11		Diámetro de polea lado ventilador				mm	
F12		Tamaño de buje en polea lado ventilador				mm	1
F13		Guarda de protección				SI / No	
ENCAPSULADO ACUSTICO							
G01		Tamara				Texto	2
G02		Ubicación de puerta de acceso	SI			Texto	2
G03		Orejas de pte (SI / No)	SI			Texto	2
G04		A puerta de agua	SI			Texto	2
NIVEL DE RUIDO							
H01		Nivel de ruido a 1 m - Sin carga				dBA	2
H02		Nivel de ruido a 1 m - Carga normal				dBA	2
H03		Nivel de ruido a 1 m - Máxima carga				dBA	2
 AISLAMIENTO Y REVESTIMIENTO							
I01		Tipo de revestimiento				Texto	1
I02		Tipo de aislamiento				u.	2
I03		Espesor de aislamiento				kg	2

ANEXO 1e: Lista de consumidores de ventilador de tiro.

Consumidor	Clasif.	Potencia [W]	Velocid. [rpm]	Voltaje [v]	Amper. [A]	Tipo de arranq.	Grado de Protec.	Observación
Compresora de aire		7500	1750	220		Estrella/Delta	IP 65	Trifasico
Secador de aire								
Receptor condensados								
Ventilador de tiro 1	BT	600	1750	220		Directo	IP 65	Trifasico
Ventilador de tiro 2	BT	600	1750	220		Directo	IP 65	Trifasico
Ventilador de tiro 3	BT	600	1750	220		Directo	IP 65	Trifasico

ANEXO 2: Cotizaciones de compresor de aire.



Rasgos

- La nueva unidad compresora con un sistema de separación integrado mejora la separación de aire/aceite (<5 ppm) para garantizar la máxima calidad del aire.
- Las juntas mejoradas y un menor número de componentes reducen el potencial de fugas e incrementan la fiabilidad.
- El sistema de transmisión Danfoss enchufable elimina el sobrecalentamiento y los fallos de los componentes relacionados.
- Los motores eficientes IE3 de velocidad fija y variable eficientes desde el punto de vista energético admiten un funcionamiento continuo a una temperatura de hasta 46°C.
- El diseño mejorado del refrigerador minimiza los efectos de la dilatación térmica.
- Paquete íntegro Compresor, Secador Refrigerado Cíclico y Filtros



Especificaciones Técnicas

Modelo Compresor	Presión barg / psig	Flujo m ³ /min / cfm	Potencia kW / Hp	Calidad ISO 8573-1:2010
R7.5i-190 TAS	13.5 / 190	0.72 / 25.3	7.5 / 10	1, 5, 1
Largo mm / pulg	Ancho mm / pulg	Altura mm / pulg	Peso kg / lbs	Tanque Galones
1843 / 72.55	764 / 30	1808.5 / 71.2	497 / 1096	120

Condiciones Comerciales

Item	Equipo	P. Unt US\$	qty	P. Total US\$
1	Compresor de Aire modelo R7.5i-190 TAS, incluye: + Aceite refrigerante Ultra Coolant (cambio c/ 8000 horas) + Arrancador Estrella-Triángulo 230V + Motor TEFC de 7.5kW (10 Hp), 230V + Incluye Secador Refrigerado Tipo Cíclico + Incluye Filtros de Línea (Pre y Post Filtro) + Post Enfriador refrigerado por Aire	10,480.00	1	10,480.00
PRECIO TOTAL DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN US\$				10,480.00

Los precios **NO INCLUYEN IGV NI INSTALACIÓN**. Los precios son locales, con la mercadería puesta en el local del cliente solo dentro del rango de Lima Metropolitana e incluyen el llenado del compresor con aceite sintético, el arranque y el adiestramiento básico en operación y mantenimiento.

Av. Oscar R. Benavides 2110 Lima 1 - Teléfono: (51-1) 336-6700 Fax: (51-1) 336-8170



Cot.- 711/17

Asimismo, mantenemos en nuestro local un amplio stock de repuestos para cubrir las necesidades de nuestros clientes.

PRECIOS UNITARIOS STOCK LIMA SIN INCLUIR IGV:

ITEM I	COMPRESOR ST_410	US\$ 4,290.00
		=====
ITEM II	SECADOR RN-50	US\$ 1,702.00
		=====
ITEM III	FILTRO MPF-60	US\$ 260.00
		=====
ITEM IV	FILTRO MPH-60	US\$ 260.00
		=====
ITEM V	TANQUE H. DE 120 gls	US\$ 1,308.00
		=====

FORMA DE PAGO:

Contado con deposito en nuestra cuenta en dólares a nombre de SULLAIR DEL PACIFICO SAC, del Banco de Crédito del Perú, 193-0722315-1-20

TIEMPO DE ENTREGA:

Inmediato Stock de 5 a 7 días para preparar los equipos, una vez confirmado el deposito en cuenta, salvo venta previa.

VALIDEZ DE LA OFERTA:


30 días a partir de la fecha de recepción.

Quedamos a sus órdenes para cualquier consulta sobre el particular.

Muy atentamente,
SULLAIR DEL PACIFICO S.A.C.

RENZO FALCO DUBREUIL
Ejecutivo De Ventas
Celular 998520555

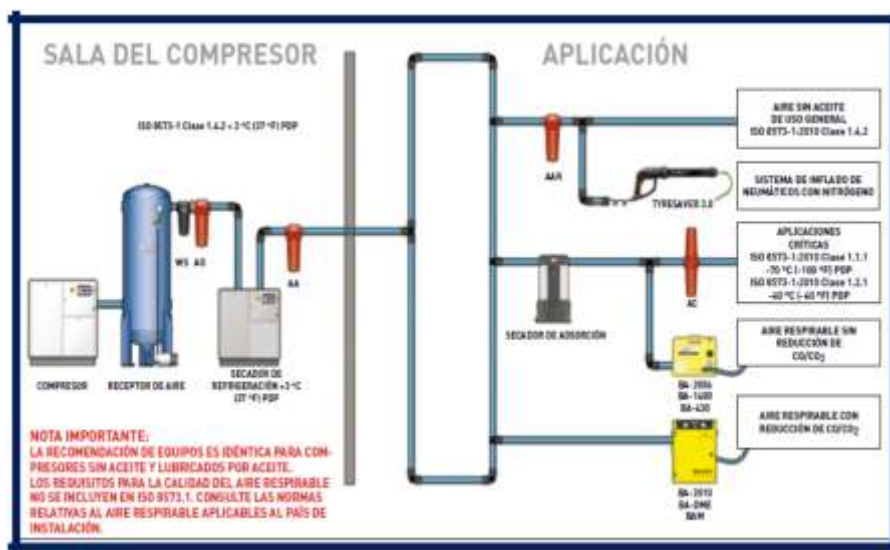
ANEXO 3: Cotización de ventilador de tiro.

		AIRVENT PERU SAC		
Sistemas de Climatización y Ventilación				
C 2294-16				
CLIENTE	: CHUMBIACA Y CALAGUA INGENIEROS			
ATENCION	: Sr. Miguel Diaz			
REFERENCIA	: Ventilador Centrifugo alta presión			
FECHA	: Enero 05, 2017			
<hr/>				
1. ANTECEDENTES				
En atención a su solicitud, presentamos a Uds. nuestra propuesta por el suministro ventilador centrifugo de alta presión.				
2. PARAMETROS DE DISEÑO				
- Datos proporcionados por el cliente.				
3. DESCRIPCION DEL SERVICIO				
ITEM	CANT	DESCRIPCION	P.U.	TOTAL
3.1	01	EQUIPO VENTILADOR CENTRIFUGO	US\$ 1,580.00	US\$ 1,580.00
		- Marca : INCOVENT		*****
		- Tipo : Centrifugo Alta ptresion		
		- Modelo : FHT-25		
		- Turbina : 550 mm. Radial de Duraluminio		
		- Transmisión : Directa		
		- Balanceo : Estático y dinámico		
		- Motor : 2 HP, Trifásico, 1,800 RPM,		
		220/380/440 V, 60 HZ		
		- Caudal : 1000 m3/h		
		- Presión : 100mm. c.a.		
		Características:		
		Carcasa en plancha LAF de 2.4mm		
		Base de soporte de motor 3 mm		
		Turbina Radial de Duraluminio balanceada		
		Motor de IP55 Aislamiento tipo F.		
		Chumacera de pie de 60mm NXB.		
		Motor de 15 HP WEG.		
4. CONDICIONES COMERCIALES				
➤ Estos precios no incluyen el IGV.				
➤ Tiempo de entrega : 07 días				
➤ Forma de Pago : 50% con la O/C y saldo contra entrega..				
➤ Banco : Interbank Cta. Cte. Dólares N° 024-3000874527 / CCI N° 003-024-003000874527-72				
➤ Garantía : 01 año.				
Sin otro particular y a la espera de sus gratas noticias, quedamos de Uds.				
Atentamente				
Ing° Juan Rubina T.				
DIVISION PROYECTOS				
<hr/>				
Jr. Castrovirreyna 869, Lima 5 - Perú		Teléfonos: (51-1) 3089841 - 990358419		
Web site : www.airventperu.com		E-mail: ventas@airventperu.com		

ANEXO 4: Atlas Copco Air Line Accessories Elementos Neumáticos.



ANEXO 5: Calidad de aire NORMA ISO 8573-1:2010.



ANEXO 6: METRADO DE INSTALACIONES MECÁNICAS

Area	Linea	Designacion	Datos	
			Suma de Cantidad	Suma de Peso total
Area-100 [Sala de compresora]	3/4"-AS-100-CSA	CODO 90° ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #3/4"	4	0.8
		TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #3/4"	1	11
		UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #3/4"	4	1.92
		VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #3/4"	1	0.749
Area-400 [Taller de Mantenimiento]	1/2"-AS-401-CSA	TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #1/2"	1	6.804
		UNION RECTA DE 4 VIAS ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, 1/2"	1	0.239
		UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	5	1.195
		VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #1/2"	3	1.701
	1/2"-AS-402-CSA	TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #1/2"	1	6.804
		UNION RECTA DE 4 VIAS ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, 1/2"	1	0.239
		UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	5	1.195
		VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #1/2"	3	1.701
	1/2"-AS-403-CSA	TE RECTA ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, 1/2"	1	0.18
		TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #1/2"	1	6.804
		UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	3	0.717
		VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #1/2"	2	1.134
	1/2"-AS-404-CSA	TE RECTA ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, 1/2"	1	0.18
		TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #1/2"	1	6.804
		UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	3	0.717
		VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #1/2"	2	1.134
	3/4"-AS-400-CSA	CODO 90° ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #3/4"	16	3.2
		TE RECTA ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #3/4"	4	1.12
		TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #3/4"	1	134.838
		UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #3/4"	6	2.88
Area-500 [Ventilador de Tiro]	6"-AV-500-CSA	VENTILADOR CENTRIFUGO	3	600
		CODO 90° TUBO GALVANIZADO CEDULA 40 #6"	3	101.772
		SUCCION DE GASES	3	1.35
		MANQUERA FLEXIBLE DE FIBRA DE VIDRIO #6"	3	20.7
	6"-AV-501-CSA	TUBO GALVANIZADO CEDULA 40 #6"	3	559.746
Total general			87	1478.372

Linea	Diametro	Servicio	Numero	Clase	Cedula	Inicio	Final	Plano	Isometrico	Designacion	Cantidad	Longitud	Peso Unit.	Peso total
5	3/4"-AS-100-CSA	AS	100	CSA	80	Tanque pulcon	Empalme con linea exist	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #3/4"	1.00	5.00	2.20	11.00
6	3/4"-AS-100-CSA	AS	100	CSA	80	Tanque pulcon	Empalme con linea exist	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	CODO 90° ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #3/4"	4.00		0.20	0.80
7	3/4"-AS-100-CSA	AS	100	CSA	80	Tanque pulcon	Empalme con linea exist	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #3/4"	4.00		0.48	1.92
8	3/4"-AS-100-CSA	AS	100	CSA	80	Tanque pulcon	Empalme con linea exist	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #3/4"	1.00		0.75	0.75
9	3/4"-AS-400-CSA	AS	400	CSA	80	Empalme con linea exist	Empalme con linea de ser	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #1/2"	1.00	61.29	2.20	134.84
10	3/4"-AS-400-CSA	AS	400	CSA	80	Empalme con linea exist	Empalme con linea de ser	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	CODO 90° ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	16.00		0.20	3.20
11	3/4"-AS-400-CSA	AS	400	CSA	80	Empalme con linea exist	Empalme con linea de ser	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TE RECTA ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	4.00		0.28	1.12
12	3/4"-AS-400-CSA	AS	400	CSA	80	Empalme con linea exist	Empalme con linea de ser	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	6.00		0.48	2.88
13	3/4"-AS-400-CSA	AS	400	CSA	80	Empalme con linea exist	Empalme con linea de ser	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #1/2"	1.00		0.75	0.75
14	1/2"-AS-401-CSA	AS	401	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #1/2"	1.00	4.20	1.62	6.80
15	1/2"-AS-401-CSA	AS	401	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	UNION RECTA DE 4 VIAS ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	1.00		0.24	0.24
16	1/2"-AS-401-CSA	AS	401	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	5.00		0.24	1.20
17	1/2"-AS-401-CSA	AS	401	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #1/2"	3.00		0.57	1.70
18	1/2"-AS-402-CSA	AS	402	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #1/2"	1.00	4.20	1.62	6.80
19	1/2"-AS-402-CSA	AS	402	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	UNION RECTA DE 4 VIAS ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	1.00		0.24	0.24
20	1/2"-AS-402-CSA	AS	402	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	5.00		0.24	1.20
21	1/2"-AS-402-CSA	AS	402	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #1/2"	3.00		0.57	1.70
22	1/2"-AS-403-CSA	AS	403	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #1/2"	1.00	4.20	1.62	6.80
23	1/2"-AS-403-CSA	AS	403	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TE RECTA ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	1.00		0.18	0.18
24	1/2"-AS-403-CSA	AS	403	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	3.00		0.24	0.72
25	1/2"-AS-403-CSA	AS	403	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #1/2"	2.00		0.57	1.13
26	1/2"-AS-404-CSA	AS	404	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TUBERIA DE ACERO AL CARBON CEDULA 80 ASTM-A-53Gr. B. SIN COSTURA, EXTREMOS ROSCADOs, #1/2"	1.00	4.20	1.62	6.80
27	1/2"-AS-404-CSA	AS	404	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TE RECTA ROSCADA 150# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	1.00		0.18	0.18
28	1/2"-AS-404-CSA	AS	404	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	UNION UNIVERSAL ROSCADO 300# DE HIERRO MALEABLEASTM-A-197, #1/2"	3.00		0.24	0.72
29	1/2"-AS-404-CSA	AS	404	CSA	80	Linea principal	Linea de servicio	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	VALVULA DE BOLA ROSCADO 150# DE BRONCE, #1/2"	2.00		0.57	1.13
30	6"-AV-500-CSA	AV	500	CSA	40	Chasis de los Contenedores	Ventilador Centrifugo	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	MANQUERA FLEXIBLE DE FIBRA DE HIERRO #6"	3.00	5.75	1.20	20.70
31	6"-AV-500-CSA	AV	501	CSA	40	Ventilador Centrifugo	Fuera del Taller	P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	TUBO GALVANIZADO CEDULA 40 #6"	3.00	6.30	28.27	559.75
32	6"-AV-500-CSA	AV	500	CSA	40			P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	CODO 90° TUBO GALVANIZADO CEDULA 40 #6"	3.00	1.20	28.27	101.77
33	6"-AV-500-CSA	AV	500	CSA	40			P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	SUCCION DE GASES	3.00		0.45	1.35
34	6"-AV-500-CSA	AV	500	CSA	40			P-152 15-P1-100	P-152 15-P1-100	VENTILADOR CENTRIFUGO	3.00		200.00	600.00

ANEXO 7

En este anexo se muestra los planos de la red de aire comprimido seco actual y de las nuevas propuestas.

P-159.16-LV-IM-001 Planta general sala de compresor & red de aire comprimido. P-

159.16-IM-001 Planta General – Red de Aire Comprimido y Ventilador de Tiro P-

159.16-IM-002 Elevaciones y Secciones-Red de Aire Comprimido y Ventilador. P-

159.16-IM-003 Sala de Compresor Secador y Filtros (Area-100) - Isométrico. P-

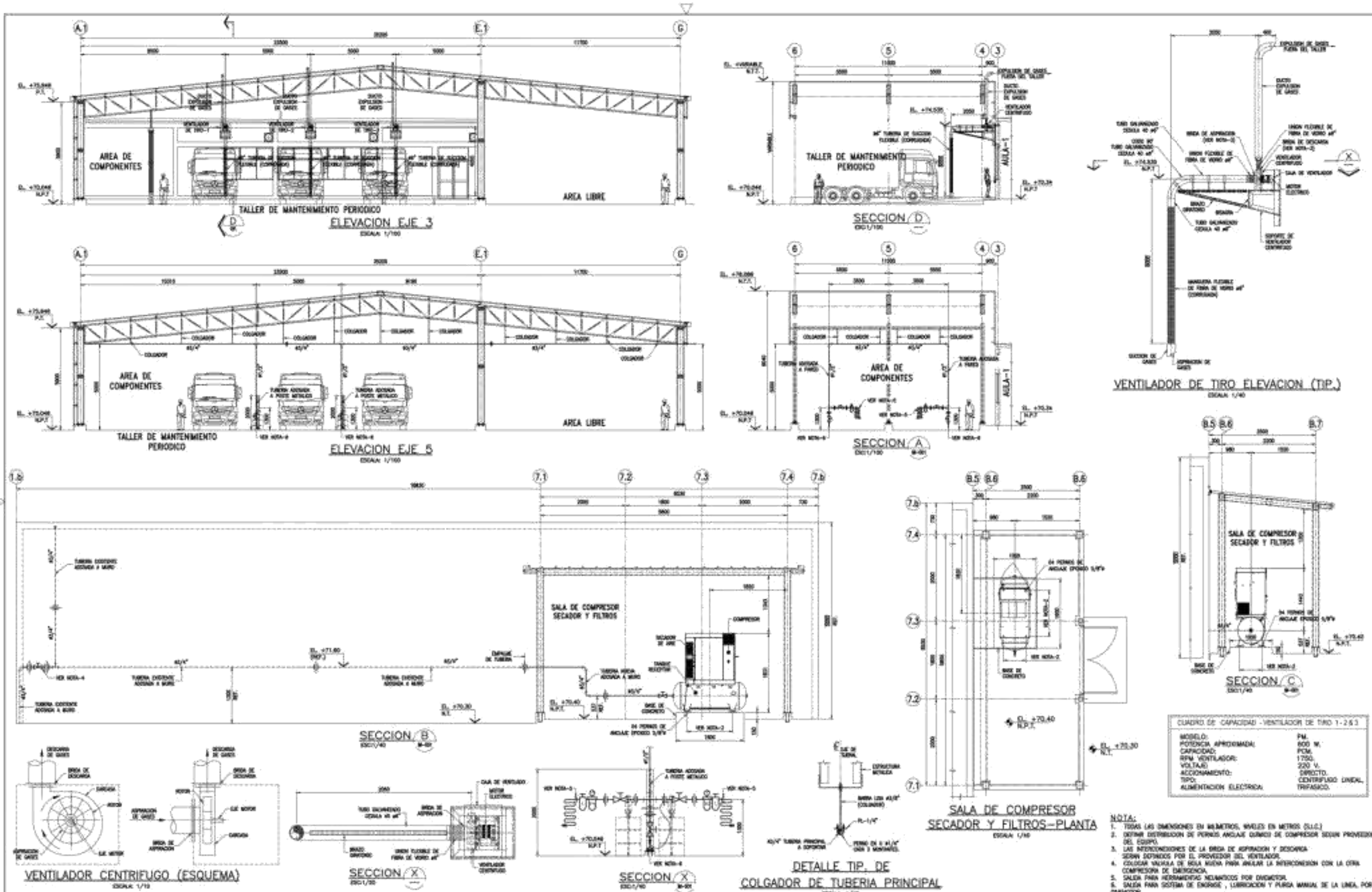
159.16-IM-004 Taller de mantenimiento (Area-400) - Isométrico Red de Tuberías. P-

159.16-IM-005 Ventilador de Tiro (Area-500) - Isométrico. P-159.16-IE-001

Diagrama unifilar.

P-159.16-IE-002 Sistema eléctrico para ventilación mecánica.

P-159.16-IE-003 Sistema eléctrico para compresora.



FECHA	NO.	DESCRIPCION DE LA REVISION	FECHA	NO.	DESCRIPCION DE LA REVISION	FECHA	NO.	DESCRIPCION DE LA REVISION
21/11/18	A	ENTRADA PARA REVISION INTERNA						
21/11/18	B	ENTRADA PARA REVISION DE ESPECIALISTAS						
21/12/18	C	ENTRADA PARA REVISION DE ESPECIALISTAS						

SENATI

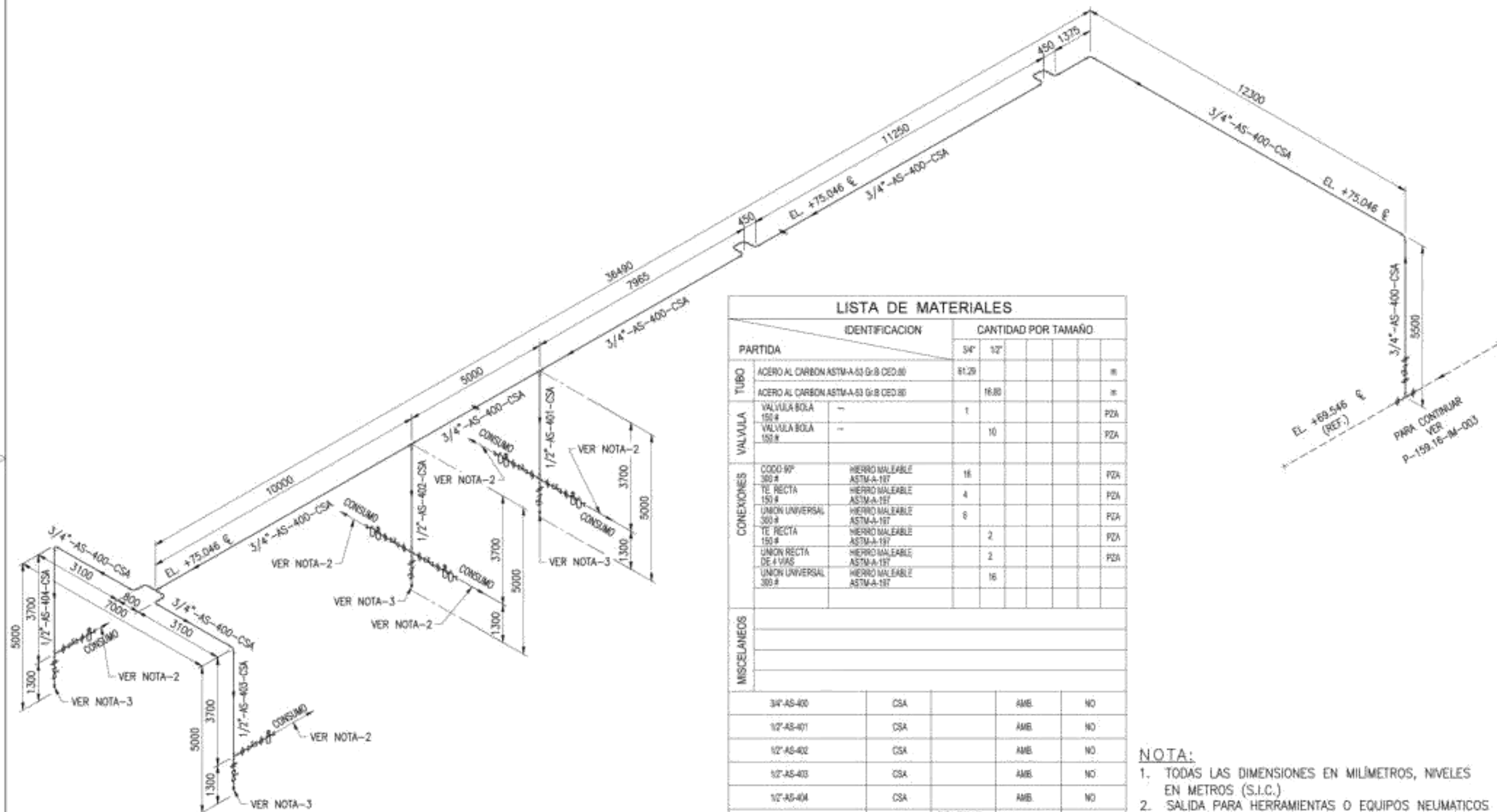
SENATI-DIRECCION NACIONAL
TALLER DE MANTENIMIENTO PERIODICO

PROYECTO: INSTALACIONES MECANICAS
RED DE AIRE COMPRIMIDO Y VENTILADOR DE TIRO
ELEVACIONES Y SECCIONES

PROYECTISTA: CHAC

FECHA: 11/11/2018

NO. 159.16-M-002



ISOMETRICO
S/E

LISTA DE MATERIALES					
IDENTIFICACION		CANTIDAD POR TAMAÑO			
PARTIDA		3/4"	1/2"		
TUBO	ACERO AL CARBON ASTM-A53 Gr B CED 80	81.25			m
	ACERO AL CARBON ASTM-A53 Gr B CED 80	16.80			m
VALVULA	VALVULA BOLA 150 #	1			PZA
	VALVULA BOLA 150 #		10		PZA
CONEXIONES	CODO 90° 300 #		16		PZA
	TE RECTA 150 #		4		PZA
	UNION UNIVERSAL 300 #		6		PZA
	TE RECTA 150 #		2		PZA
	UNION RECTA DE 4 VIAS 300 #		2		PZA
	UNION UNIVERSAL 300 #		16		
MISCELANEOS					
	3/4"-AS-400	CSA		AME	NO
	1/2"-AS-401	CSA		AME	NO
	1/2"-AS-402	CSA		AME	NO
	1/2"-AS-403	CSA		AME	NO
	1/2"-AS-404	CSA		AME	NO
LINEA No.	ESP.	PRUEBAS kg/cm2	TEMP. OP. C		ASL.

NOTA:

1. TODAS LAS DIMENSIONES EN MILIMETROS, NIVELES EN METROS (S.I.C.)
2. SALIDA PARA HERRAMIENTAS O EQUIPOS NEUMATICOS POR DIVEMOTOR.
3. SALIDA PARA SISTEMA DE ENGRASE, LUBRICACION Y PURGA MANUAL DE LA LINEA, POR DIVEMOTOR.

FECHA	NO.	DESCRIPCION DE LA REVISION	FECHA	NO.	DESCRIPCION DE LA REVISION
21/11/18	A	EMITIDO PARA REVISION INTERNA			
21/11/18	B	EMITIDO PARA REVISION DE ESPECIFICACIONES			
21/12/18	C	EMITIDO PARA REVISION DE ESPECIFICACIONES			



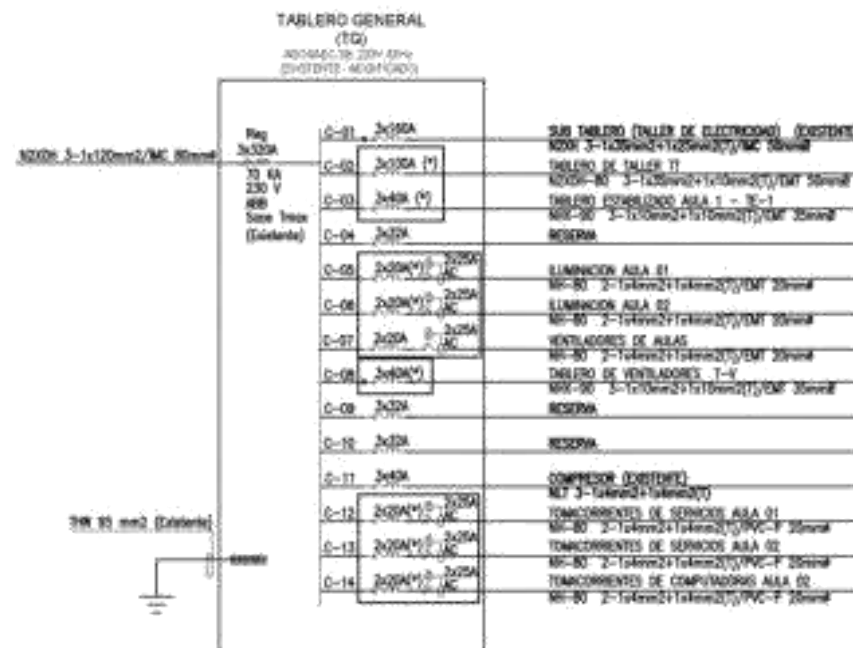
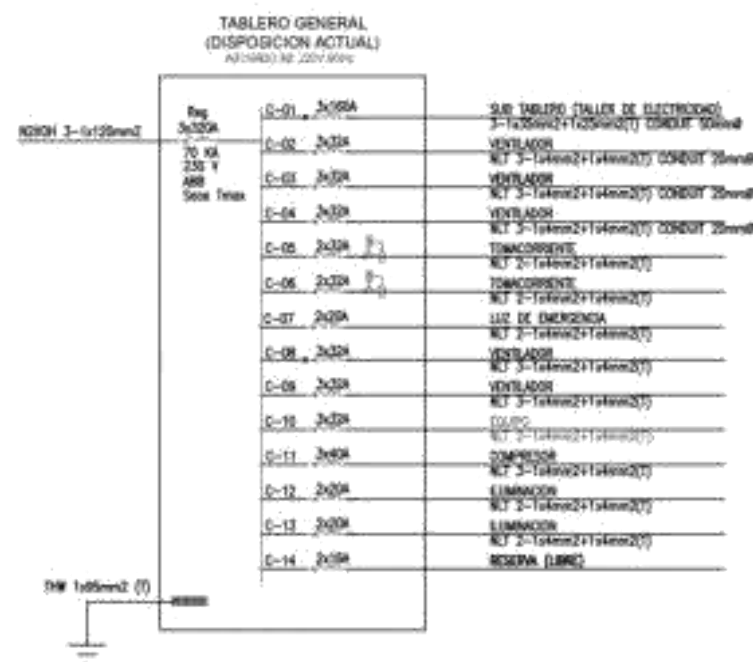
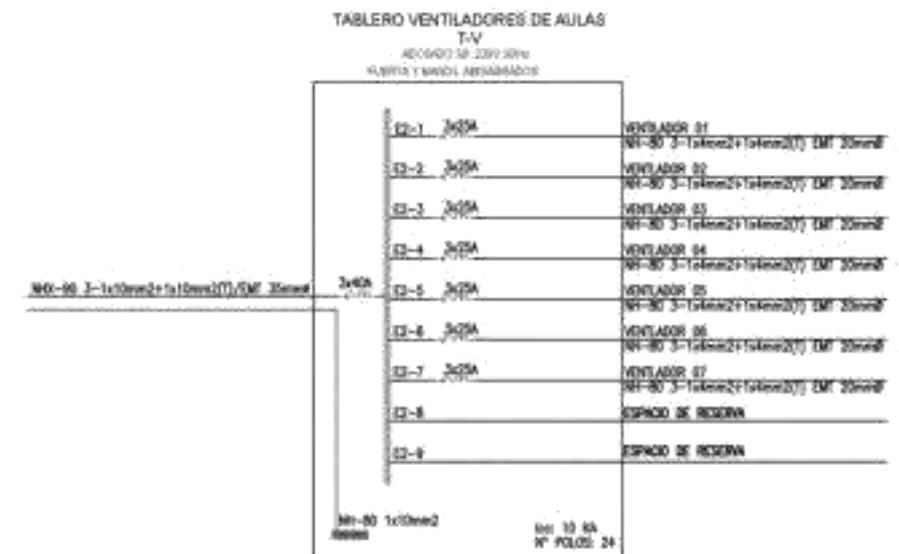
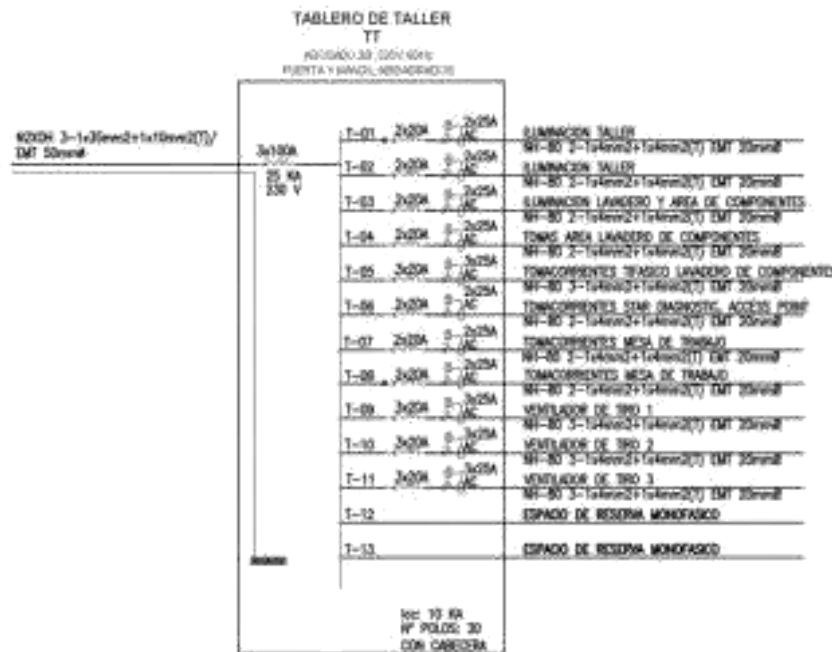
SENATI-DIRECCION NACIONAL TALLER DE MANTENIMIENTO PERIODICO		P-159.16-IM-004	
TALLER DE MANTENIMIENTO (AREA-400) ISOMETRICO RED DE TUBERIAS			
FECHA DE EMISION	FECHA DE APROBACION	FECHA DE APROBACION	FECHA DE APROBACION
NOVEMBRE 2018			



NOTA:

1. TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS,
NIVELES EN METROS (S.I.C.)





[*] Interruptores nuevos a ser implementados en Tablero General Existente.
Interruptores trifásicos marca HBB Modelo SACE Tiro
Interruptores monofásicos marca HBB Modelo Rai 2H
Las circuitos existentes indicados en el Diagrama Unifilar
se deben mantener.
Los interruptores diferenciados serán nuevos.

CUADRO DE CARGAS TALLER MANTENIMIENTO PERIODICO - SENATI LIMA

DESCRIPCION	CANT.	FOR. LBR (W)	POT. ACTIVA (W)	POT. REACTIVA (VARS)	CONSUMO MAXIMO (W)
Equipo High Bay Led 100W	10.00	0.000	0.04	1.00	0.04
Equipo de Computación	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Computación	1.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Computación	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Computación	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Tiro	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
SUBTOTAL TT			0.00		0.00
Equipo de Computación	1.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Computación	1.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Tiro	1.00	0.000	0.00	1.00	0.00
SUBTOTAL TE-1			0.00		0.00
Equipo de Tiro	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Computación	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Computación	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Tiro	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Computación	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Tiro	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Computación	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
Equipo de Tiro	0.00	0.000	0.00	1.00	0.00
TOTAL TABLERO GENERAL			00.00		00.00

APLICANDO UN FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE 0.85 SE TIENE:

UBICACION DE COMPRESORA
ESC: 1/200

ILUMINACION Y TOMACORRIENTES
ESC: 1/25

SALIDA DE FUERZA PARA COMPRESORA
ESC: 1/25

DIAGRAMA UNIFILAR

ESPECIFICACIONES EQUIPO DE COMPRESOR	
MODELO DE COMPRESOR:	R7.SI-190 T&S.
PRESION:	13.5 barg/190 psig.
FLUJO:	0.72m ³ /min./25.3 cfm.
POTENCIA:	7.46 KW/10 HP.
PESO:	497 kg/1096 lbs.
TANQUE:	120 Galones.

CUADRO DE CARGAS COMPRESORA					
DESCRIPCION	CANT.	POT. UNIT. (Kw)	POT. INSTAL. (Kw)	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA MAXIMA (Kw)
COMPRESORA DE 10 HP (7.46KW)	1.00	13.38	13.19	1.00	13.19
TRIFASICO, 220V Pa-1.5Ph					
EQUIPO DE ILUMINACION	2.00	0.07	0.14	1.00	0.14
TOMACORRIENTES	2.00	0.17	0.33	1.00	0.33
REFLECTOR	1.00	0.40	0.40	1.00	0.40
TOTAL TCOMP			12.06		12.06

FECHA	NO.	DESCRIPCION DE LA ORDEN	UNIDAD	Nº	DESCRIPCION DE LA ORDEN	FECHA DEL TALLER	FECHA DEL ENTREGA	PROYECTO		SENATI-DIRECCIÓN NACIONAL TALLER DE MANTENIMIENTO PERIODICO		159.16-IE-00
12/11/16	A	ENTRADA PARA REVISION INTERNA	F.C.M.							NOMBRE	SISTEMA ELECTRIC PARA COMPRESORA	
17/11/16	B	ENTRADA PARA REVISION DE ESPRIMIDORES	F.C.M.							ORGANISMO DE DESTINO	CH&C	
24/11/16	C	ENTRADA POR CAMBIOS	F.C.M.							FECHA	01/NOVIEMBRE/2016	
										FECHA	NOVIEMBRE 2016	

ANEXO 8

En este anexo se muestra el cronograma de obra.

